ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜRKİYE'DE ENTERKONNEKTE SİSTEMİN ÇÖKMESİ DURUMUNDA BARTIN İLİNİN ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ ACİL DURUM BESLENMESİ

Büşra ÖZYÜREK

ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2022

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Büşra ÖZYÜREK tarafından hazırlanan **"Türkiye'de Enterkonnekte Sistemin Çökmesi Durumunda Bartın İlinin Şebekeden Bağımsız Acil Durum Beslenmesi"** adlı tez çalışması 25/02/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Doç. Dr. Fatih KORKMAZ

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Doç. Dr. Nihat DALDAL
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye **:** Doç. Dr. Fatih KORKMAZ
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TEKE
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "**Türkiye'de Enterkonnekte Sistemin Çökmesi Durumunda Bartın İlinin Şebekeden Bağımsız Acil Durum Beslenmesi**" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (25/02/2022).

Büşra ÖZYÜREK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TÜRKİYE'DE ENTERKONNEKTE SİSTEMİN ÇÖKMESİ DURUMUNDA BARTIN İLİNİN ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ ACİL DURUM BESLENMESİ

Büşra ÖZYÜREK

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatih KORKMAZ

Elektrik enerjisine ihtiyaç tüm dünya da her geçen gün artmakta petrol, doğalgaz gibi üretim kaynakları yerine sürdürülebilir ve çevre dostu alternatif kaynaklara yani yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmaktadır. Enerji üretimini etkileyen önemli faktörlerden birisi de dağıtım şebekesindeki oluşan kayıplardır. Kayıpları önlemek adına enerjinin üretilen noktada tüketilmesi önerilmektedir. Ülkemiz de enterkonnekte sistem kullanılmakta ve herhangi bir sorunda şebekenin enerjisiz kalmaması için bu noktada dağıtık üretim kaynakları devreye girmekte olup, şebekeye entegre edilmesi durumunda yaşantımızı kolaylaştıracağı düşünülmektedir. Enterkonnekte şebekenin çökmesi durumunda acil beslenmesi gereken kritik yükler bulunmaktadır. Çalışma da iletim şebekesinin çökmesi durumunda Bartın ilinde acil besleme gereken kritik yüklerin dağıtık üretim tesislerinin dağıtım şebekesine entegre edilmesiyle beslemesi yapılmıştır. Bartın ilinin dağıtım şebekesi Digsilent Power Factory analiz programı kullanılarak modellenmiştir. Simülasyonda yük akış analizi, gerilim ve frekans kontrolleri yapılarak gerekli analizler yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda Bartın ili dağıtım şebekesin de acil yüklerin olduğu fiderlerde izole ada modu oluşturulmuş ve yüklerin besleme sırası belirlenerek Bartın ilindeki dağıtık üretim tesislerinin toplam kurulu gücün kritik yükleri beslemeye yeterli olduğu görülmüştür.

2022, 74 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: İzole ada (mikro şebeke), Gerilim ve frekans kontrolü, Dağıtık üretim tesisi, Enterkonnekte şebeke

ABSTRACT

Master of Science Thesis

IN CASE OF A COLLAPSE OF THE INTERCONNECTED SYSTEM IN TURKEY, THE EMERGENCY SUPPLY OF BARTIN PROVINCE, INDEPENDENT OF THE NETWORK

Büşra ÖZYÜREK

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical and Electronics Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Fatih KORKMAZ

The need for electrical energy is increasing day by day all over the world, and instead of production sources such as oil and natural gas, there is an increasing tendency towards sustainable and environmentally friendly alternative sources, namely renewable energy sources. One of the important factors affecting energy production is the losses in the distribution network. In order to prevent losses, it is recommended that the energy be consumed at the point where it is produced. An interconnected system is used in our country, and distributed generation resources come into play at this point in order to prevent the grid from being without energy in case of any problem, and it is thought that it will make our life easier if it is integrated into the grid. There are critical loads that need to be fed urgently in case the interconnected network fails. In case of a collapse of the transmission network in the study, critical loads that will be fed urgently in the province of Bartın will be fed by integrating the distributed generation facilities into the distribution network. The distribution network of Bartın province was modeled using the Digsilent Power Factory analysis program. In the simulation, necessary analyzes were made by performing load flow analysis, voltage and frequency controls. As a result of this study, isolated island mode was created in the feeders with emergency loads in the distribution network of Bartın province, and the feeding order of the loads was determined, and it was seen that the total installed power of the distributed generation facilities in the province of Bartın was sufficient to feed the critical loads.

2022, 74 pages

Keywords: Isolated island (microgrid), Voltage and frequency control, Distributed production facility, Interconnected network

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda bilgilerini ve desteklerini esirgemeyen tez danışmanım sayın hocam Doç. Dr. Öğr. Fatih KORKMAZ'a sabrı, yardımları ve anlayışı için saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Akademik eğitimim boyunca her türlü desteği sağlayan sevgili eşim Hasan ÖZYÜREK'e, en kıymetli zamanlarını beraber geçirmek yerine tezime yoğunlaşmama izin veren, minicik yüreğiyle bana destek olan canım kızım Melis ÖZYÜREK'e ve çok değerli anneme, babama sonsuz teşekkür ederim.

Büşra ÖZYÜREK
Çankırı, Şubat 2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
SİMGELER DİZİNİ vi
KISALTMALAR DİZİNİ vii
ŞEKİLLER DİZİNİ viii
ÇİZELGELER DİZİNİ x
1. GİRİŞ 1
1.2. Literatür Taraması 7
2. DAĞITIK ÜRETİM TESİSLERİNİN ENTERKONNEKTE SİSTEME ENTEGRASYONU 11
2.1 Enterkonnekte Sistem 11
2.2. Digsilent Power Factory 13
2.3. Dağıtık Üretim Kaynaklarının Çalışma Şekilleri 14
2.3.1. Dağıtık üretim kaynaklarının izole ada modunda çalıştırılabilmesi için gerekli özellikler 14
2.4 Bütün Dağıtık Üretim Tesisleri için Droop Modu 15
2.5 Dağıtık Üretim için Droop Modu ve Diğer Dağıtık Üretim İçin Eş Zamanlı Modu 16
2.6 Bütün Dağıtık Üretim Tesisleri İçin Eş Zamanlı Modu 17
2.6.1 Black-start özelliği 17
2.6.2 Mikroşebeke(microgrid) üzerindeki üretim kaynakları tarafından yük frekans ve gerilim kontrolünün sağlanması 16
3. BARTIN İLİ DAĞITIM ŞEBEKESİNE AİT MODELLEME 20
3.1 Çalışma Yapılacak Fiderlerin İncelenmesi: 20
3.2 Acil Durum Beslemesi Yapılacak Bölgelerde Çalışılacak Fiderler 20
3.3 Acil (Kritik) Müşteriler 28
3.3.1 Acil 112 28
3.3.2 Bartın devlet hastanesi 30
3.3.3 Kritik1 32

3.3.4 Kritik2 34
4. BARTIN İLİ ACİL BESLENME PLANI 40
4.1 Yüklenme Koşulları Analizi 40
4.2 Kritik Müşteriler Dağıtık Üretim Santralleri Eylem Planı 61
4.2.1 Planlama aşaması 61
4.2.2 Kritik müşteri fiderlerinin şebekeden izolasyonu aşaması 61
4.2.3 Üretim santralin devreye alınması aşaması 63
4.2.4 Kirazlıköprü dağıtık üretim santralinin devreye alınma aşaması 64
4.2.5 Dağıtık üretim santralleri ile kritik müşterilerin bulunduğu fiderlerin enerjilendirme aşaması 65
4.2.6 Bartın 2 TM' nin enterkonnekte şebekeye bağlanması için dağıtık üretim santrallerinin devreden çıkma aşaması 66
4.3 Model Tasarım Raporu 67
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 68
KAYNAKLAR 71
ÖZGEÇMİŞ 74

SİMGELER DİZİNİ

AVR	Otomatik gerilim düzenleyici (automatic voltage regulator)
CBS	Coğrafi bilgi sistemi
MW	Megawatt
MVA	Mega volt amper
OG	Orta gerilim
PPS	Güç sistem dengeleyici
p.u	Birim değer (per-unit)
PV	Fotovoltaik
UPS	Kesintisiz güç kaynağı

KISALTMALAR DİZİNİ

DÜ	Dağıtık üretim
EDAŞ	Elektrik dağıtım anonim şirketi
EPDK	Elektrik piyasası düzenleme kurumu
EPS	Elektrik güç sistemi
GES	Güneş enerji santrali
HES	Hidro elektrik santrali
IEEE	Elektrik elektronik mühendisleri enstitüsü
TEDAŞ	Türkiye elektrik dağıtım anonim şirketi
TM	Trafo merkezi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Güncel ve gelecek zaman şebeke modeli (Aksoy 2016) 3
Şekil 1.2 DÜ'lerin şebeke entegrasyonu sonrasında gerilim yükselmesi (Aksoy 2016) ..5
Şekil 1.3 Hidro regülatör türbin modeli örneği (Lasseter 2002) 6
Şekil 2.1 Enterkonnekte sistem trafo bağlantı şekli (IEEE 2018) 11
Şekil 2.2 Türkiye'nin Bulgaristan ve Yunanistan ile enterkonnekte bağlantı şeması (Türkiye Elektrik İletim AŞ) 12
Şekil 2.3 Türkiye'nin Gürcistan ile enterkonnekte bağlantı şeması (Türkiye Elektrik İletim AŞ) 12
Şekil 2.4 Türkiye'nin Azerbaycan ile enterkonnekte bağlantı şeması (Türkiye Elektrik İletim AŞ) 13
Şekil 2.5 Türkiye'nin İran ile enterkonnekte bağlantı şeması (Türkiye Elektrik İletim AŞ) 13
Şekil 2.6 PQ kontrol blok diyagramı (Lopes *et al.* 2007) 14
Şekil 2.7 Vf kontrol blok diyagramı (Lopes *et al.* 2007) 15
Şekil 2.8 Otomatik voltaj regülatörünün droop mod karakteristiği (Brabandere *et al.* 2007) 16
Şekil 3.1 Bartın digsilent modellemesi 22
Şekil 3.2 Bartın digsilent model tek hattı 24
Şekil 3.3 Bartın 2 TM tek hat şeması 25
Şekil 3.4 Kaynarca dağıtım merkezi tek hat şeması 26
Şekil 3.5 Kayadibi hes tek hat şeması (digsilent modelleme) 27
Şekil 3.6 Kirazlıköprü hes tek hat şeması (digsilent modelleme) 27
Şekil 3.7 Acil 112 tek hat şeması 28
Şekil 3.8 Şehir1 fideri-acil 112 besleme adımları 29
Şekil 3.9 Bartın devlet hastanesi tek hat şeması 30
Şekil 3.10 Şehir2 fideri-Bartın devlet hastanesi besleme adımları 31
Şekil 3.11 Kritik1 hizmet binası tek hat şeması 32
Şekil 3.12 Şehir1 fideri-kritik1 besleme adımları 33
Şekil 3.13 Kritik2 tek hat şeması 34
Şekil 3.14 Şehir1 fideri-kritik2 besleme adımları 35
Şekil 3.15 Kayadibi hes tek hat şeması 36
Şekil 3.16 Kirazlıköprü hes tek hat şeması 37
Şekil 3.17 Çaybükü ges tek hat şeması 38
Şekil 4.1 Şehir1 fideri maksimum yüklenme durumu 41
Şekil 4.2 Şehir1 fideri kayıplar 42
Şekil 4.3 Şehir1 fideri aktif güç 42
Şekil 4.4 Şehir1 fideri reaktif güç 43
Şekil 4.5 Şehir1 fideri maksimum yüklenmede aktif güç 43
Şekil 4.6 Şehir1 fideri maksimum yüklenmede gerilim 44

Şekil 4.7 Şehir1 fideri minimum yüklenmede gerilim 44
Şekil 4.8 Şehir1 fideri şubat ayı maksimum yüklenmede aktif güç 44
Şekil 4.9 Şehir1 fideri şubat ayı maksimum yüklenmede kayıplar 44
Şekil 4.10 Şehir1 fideri şubat ayı maksimum yüklenme 44
Şekil 4.11 Şehir1 fideri şubat ayı maksimum yüklenmede maksimum gerilim 44
Şekil 4.12 Şehir1 fideri şubat ayı maksimum yüklenmede gerilim düşümü 44
Şekil 4.13 Şehir1 fideri şubat ayı maksimum yüklenmede minimum gerilim 44
Şekil 4.14 Şehir1 fideri şubat ayı maksimum yüklenmede reaktif güç 44
Şekil 4.15 Şehir2 fideri aktif güç 51
Şekil 4.16 Şehir2 fideri reaktif güç 51
Şekil 4.17 Şehir2 fideri kayıplar 52
Şekil 4.18 Şehir2 fideri maksimum yüklenme 52
Şekil 4.19 Şehir2 fideri maksimum gerilim 53
Şekil 4.20 Şehir2 fideri minimum gerilim 53
Şekil 4.21 Şehir2 fideri haziran ayı maksimum yüklenmede aktif güç 53
Şekil 4.22 Şehir2 fideri haziran ayı maksimum yüklenmede kayıplar 535
Şekil 4.23 Şehir2 fideri haziran ayı maksimum yüklenme 53
Şekil 4.24 Şehir2 fideri haziran ayı maksimum yüklenmede maksimum gerilim 53
Şekil 4.25 Şehir2 fideri haziran ayı maksimum yüklenmede gerilim düşümü 53
Şekil 4.26 Şehir2 fideri haziran ayı maksimum yüklenmede minimum gerilim 53
Şekil 4.27 Şehir2 fideri haziran ayı maksimum yüklenmede reaktif güç 53
Şekil 4.28 Durum sıralaması 61
Şekil 4.29 Kayadibi hes aktif güç-reaktif güç değişimi 63
Şekil 4.30 Kayadibi hes frekans değişimi 64
Şekil 4.31 Kirazlıköprü hes aktif güç-reaktif güç değişimi 64
Şekil 4.32 Kirazlıköprü hes frekans değişimi 65

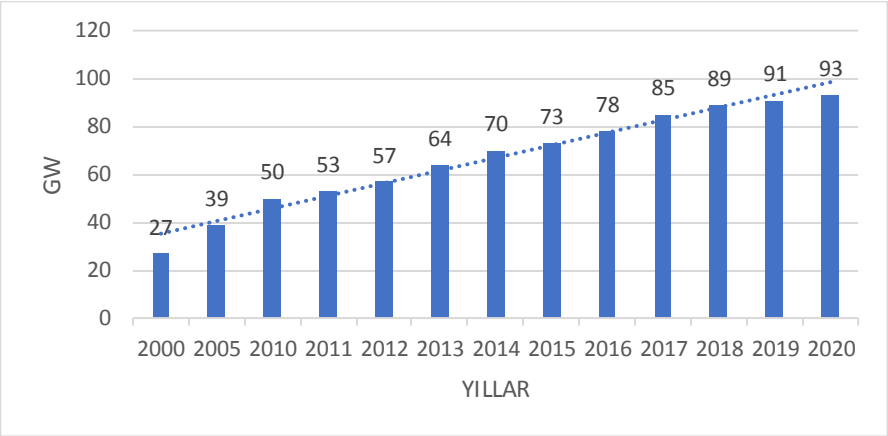
ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Türkiye kurulu güç (Hacımale vd. 2020) 2
Çizelge 1.2 Dünyadaki yenilebilir enerji kullanımı (Aksoy 2016) 2
Çizelge 1.3 Dağıtık üretim güçlerinin derecelendirilmesi (Ackermann *et al.* 2001) 3
Çizelge 1.4 DÜ' lerin enerji üretimindeki payları (Kılınç ve Arsoy 2011) 4
Çizelge 3.1 Bartın 2 TM fiderleri 21
Çizelge 3.2 Kritik müşterilerin fider isimleri ve kurulu güçleri 21
Çizelge 4.1 Güzergah sıralaması 40
Çizelge 4.2 9 durumlu anahtarlama olayları 41
Çizelge 4.3 Şehir1 ve şehir2 fiderlerinin manevra sıralamaları 62
Çizelge 4.4 Toplam yük dağılımı 62

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi ülkemizde ekonomi ve kalkınma açısından oldukça önemli ve günlük hayatın yaşanabilirliğini sağlayan en gerekli ihtiyaçlardan biridir (Çukurçayır ve Sağır 2008). Nüfus artışı sanayileşmenin sürekliliği teknolojinin hızla gelişmesi gibi faktörlere bağlı olarak ülkemizde ve tüm dünyada enerji ihtiyacı hızla artış göstermektedir. Çizelge 1.1'de ülkemizde yıllık miktarda kullanılan kurulu güç grafiği gösterilmiştir. Enerji talebi bir ülkenin gelişme düzeyiyle bağlantılı olduğu için kritik öneme sahiptir. Elektrik enerjisi ihtiyacının büyük bir kısmı doğalgaz, kömür ve petrol gibi konvansiyonel kaynakları kullanılarak karşılanmaktadır. Konvansiyel kaynak rezervinin azalması, kullanılan enerjinin düşük kalitede olması dünyanın karşı karşıya kaldığı sorunlardır. Petrol için 51 yıl, doğalgaz için 53 yıl ve kömür için ise 114 yıl rezerv ömrü tahmini yapılmaktadır. Fosil yakıtların rezerv seviyeleri ile ilgili 2016-2040 seneleri arasında enerji sektöründe doğalgaz, rüzgar enerjisi, fotovoltaik piller, mikro türbinler gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılması planlanmaktadır. Yapılacak olan 66,5 trilyon dolarlık yatırımın yaklaşık olarak %11'i yenilenebilir enerji sektörüne olacağı tahmin edilmektedir (Aksoy 2016). Çizelge 1.2'de dünyadaki gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin kullandıkları enerji çeşitliliğine bakıldığında çevresel kirliliğin en az olduğu yeşil enerji payının yüksek değerlerde olduğu ve kullanılan enerji çeşitliliği görülmektedir. Ülkemizin enerji sektöründe dışa bağımlılığını azaltılması için yenilebilir enerji kaynaklarının daha aktif olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Enerjinin daha etkin ve daha verimli kullanılması için ayrıca enerji sektöründe farklı enerji kaynaklarının kullanılması adına mikro şebeke gibi alternatif durumlar ortaya çıkmıştır (Çetinbaş vd. 2018).

Çizelge 1.1 Türkiye kurulu güç (Hacımale vd. 2020)



Çizelge 1.2 Dünyadaki yenilenebilir enerji kullanımı (Aksoy 2016)

	2010	**2020**	**2035**
Elektrik Üretimi(TWh)	4.206	6.999	11.342
Biyoenerji	331	696	1.487
Hidrolik	3.431	4.513	5.677
Rüzgar	342	1.272	2.681
Jeotermal	68	131	315
Güneş	34	382	1.124
Dalga	1	5	57
Toplam Üretimdeki Payı(%)	20	25	31
Isı Talebi(Mtoe)	337	447	604
Endüstri	207	263	324
Bina ve Tarım	131	184	280
Toplam Üretimdeki Payı(%)	10	12	14
Biyoyakıt(mboegün)	1,3	2,4	4,5
Ulaşım	1,3	2	4
Havacılık	-	-	0,1
Toplam Üretimdeki Payı(%)	2	4	6

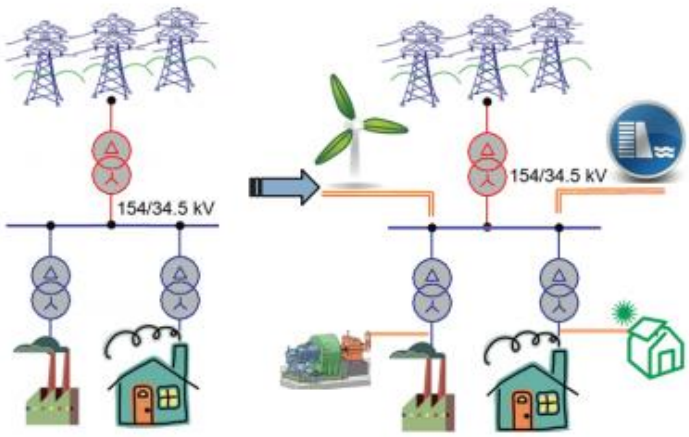
Bu enerji üretim tipine Dağıtılmış Üretim (DÜ) denilmektedir. Enerji üretilirken kullanılan kaynaklarına ise Dağıtılmış Üretim Kaynakları (DÜK) denilmektedir. Dağıtık Üretim tesisleri literatürde; konvansiyel enerji kaynakları gibi merkezi olmayan ve 10-30 MW'a kadar enerji üretimi olan tesisler için kullanılmaktadır. Dağıtık üretim doğrudan

dağıtım şebekesine veya kullanıcının sayacına bağlı olan bir güç kaynağıdır. Çizelge 1.3'te dağıtık üretim derecesine göre kategorize edilmiştir (Ackermann *et al.* 2001).

Çizelge 1.3 Dağıtık üretim güçlerinin derecelendirilmesi (Ackermann *et al.* 2001)

Kategori	Üretim kapasitesi
Mikro ölçekli dağıtık güç	<5 kW
Düşük ölçekli dağıtık güç	5 kW – 5 MW
Orta Ölçekli dağıtık Güç	5 MW – 50 MW
Geniş ölçekli dağıtık güç	50 MW – 300 MW

Şekil 1.1'de ülkemizde ve dünyada güncel durumda kullanılan elektrik şebekesi ve gelecekte kullanılabilecek elektrik şebekesi gösterilmektedir.



Şekil 1.1 Güncel ve gelecek zaman şebeke modeli (Aksoy 2016)

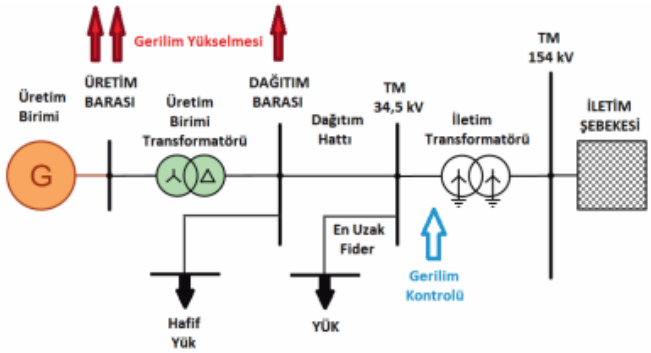
Mikro şebekeler yenilenebilir enerji kaynakları ile rahat bir şekilde entegre edilebilir. Güç şebekesi açısından mikro şebekeler incelendiğinde kontrol edilebilen enerji kaynağıdır (Minchala *et al.* 2015, Shuai *et al.* 2016). Ülkemizde enerjiye bağımlılığımız ve devamlılığı dikkate alındığı zaman kullandığımız güç sistemimizde sağlanan sürdürülebilirlik ve güvenilirlik etmenlerinin yenilenebilir enerji kaynaklarını kullandığımız takdir de uygulanabilmesi gerekmektedir. Yakın tarihte üretilen enerji yapıtaşının günümüzden farklı olacağı açıktır. İlerleyen günlerde hem iletim hem de

dağıtım sistemine büyük oranda yenilenebilir enerji kaynaklarının entegregrasyonu yapılacaktır. Entegre sürecinde oluşabilecek problemler henüz dizayn aşamasında iken belirlenebilmelidir. Eğer bilinçli ve doğru bir yaklaşım yapılarak mühendislik çalışması ile senkron olarak ilerlenirse yenilenebilir enerji altyapısı elektriksel talep altyapısına uygun bir hale getirilebilir. Bu sayede entegrasyon sonucunda oluşabilecek karmaşık yapının problem yaşamadan üstesinden gelinmiş olabilecektir. DÜ'ler yüke yakın olması, enerjilendirdiği bölgenin/tesisin güvenilirliğini arttırması, gerilim düzenlemesi ve verimi arttırması ile şebeke yapısında kritik görevlere sahiptir. Çizelge 1.4'te dağıtık üretim tesislerinin elektrik enerjisi üretimine katkı paylarından bahsedilmiştir (Kılınç ve Arsoy 2011).

Çizelge 1.4 DÜ' lerin enerji üretimindeki payları (Kılınç ve Arsoy 2011)

DÜ'LERİN ENERJİ ÜRETİMİNDEKİ PAYI	
HİDROLİK ENERJİ SANTRALİ (HES)	%4
RÜZGAR ENERJİ SANTRALİ (RES)	%3
TERMİK SANTRALLER	%23
GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ (GES)	%67
DİĞER	%2

Elektrik enerjisinin kalitesini belirleyen en önemli iki parametresi vardır. Bunlar ise; gerilim ve frekanstır. Frekans değerinin +4%/-6% aralığından fazla değişmesi durumunda mekaniksel sorunlar ortaya çıkmakta ve bundan dolayı üretim santrallerinin devre dışı kalma durumu ortaya çıkacaktır. Elektrik Piyasası Denetleme Kurulu (EPDK) şebeke yönetmeliğinde bahsedilen frekans değerine ait çalışma aralığı +3% ve -5% (47,5-51,5 Hz) olarak tanımlanmıştır. Kontrol, geriliminin ise +/- 5% değerini aşma durumunda üretim santrali devre dışı kalacaktır(TC Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu). Bahse konu değerlerden de anlaşılacağı üzere, gerilim ve frekansın bulunması istenilen limit sınırı fazlasıyla dardır.



Şekil 1.2 DÜ'lerin şebeke entegrasyonu sonrasında gerilim yükselmesi (Aksoy 2016)

DÜ'lerin şebekeye entegre olması durumunda gücün kapasitesi arttıkça gerilim/frekans kontrolü zorlanacaktır. Bundan dolayı şebekeye yapılan entegrasyonlarda gerilim ve frekans kontrol ayarlamasının yapılması gerekmektedir. Şekil 1.2'de dağıtık üretim tesislerinin dağıtım şebekesine entegre edildikten sonra gerilim yükselmesi gösterilmiştir (Aksoy 2016).

Regülatör kontrolcüsü şebekeye bağlı ve ada işletmesi modunda olduğu zaman, senkron jeneratör tipindeki DÜ'nü aktif gücünü ve hızını yönetmedeki rolüyle iyi bilinir. Üç tip regülatör kontrol modu vardır: sabit güç, düşüş (droop) ve eş zamanlı mod (Brabandere *et al.* 2007). İzole ada çalışması için, uygun bir regülatör kontrolcüsü tasarlamak için çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. Kontrolcünün karmaşıklığı, dağıtım ağına paralel olarak bağlı olan DÜ sayılarına göre değişir. DÜ, türbin ve DÜ tipinin farklı kapasitelerinin kombinasyonu kontrolcü tasarımını yansıtır. Şebekeye bağlı olan DÜ ünitesi için genel yaklaşım, sistem şebekeye bağlandığında sabit bir güç ve düşüş kontrol modu kullanmak sonrasında sistem ada modunda olduğunda eşzamanlı moda geçmektir. Sabit güç kontrol modları için, aktif gücün sabit değeri belirtilmelidir. Aksine, entegrasyon kontrolcüsü olarak da adlandırılan eşzamanlı kontrolcüsü, kararlı durum hatasını ortadan kaldırmaya yardımcı olur ve DÜ'nün hızını nominal değerine geri getirir.

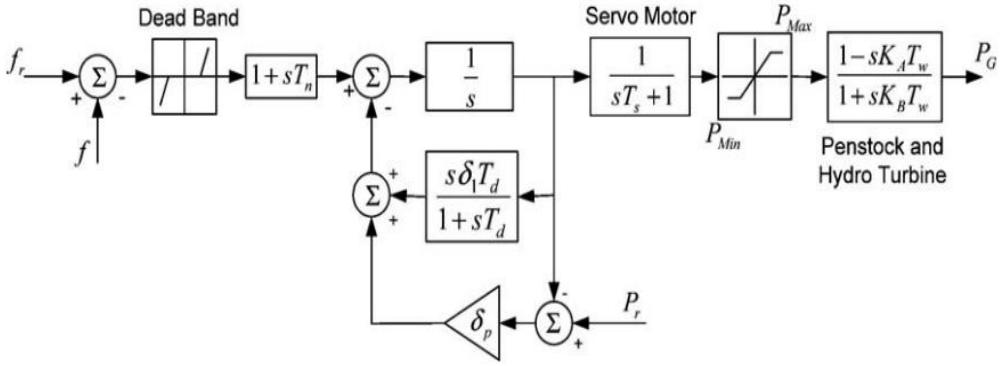
Senkron tipi DÜ için, regülatörün dinamik tepkisi, daha sonra jeneratör için tork üreten türbine verilir. Türbin türünün DÜ'nün hız tepkisi üzerinde önemli bir etkisi olduğu dikkate alınmalıdır. Buhar ve hidro türbinler için, literatürün çoğu çalışmalarında basit

birinci dereceden doğrusal modeller kabul edmiştir. Denklem (1.1)'de türbin modelleri için transfer fonksiyon örnekleri formüle edilmiş ve gösterilmiştir (Lopes *et al.* 2007):

$$\frac{\Delta P_m}{\Delta G} = \frac{1-sT_w}{1+0.5sT_w} \tag{1.1}$$

Burada, (T_w) suyun başlangıç zamanı; (P_m) türbin için mekanik güç ve (G) kapak pozisyonunu ifade eder. Su başlangıç zamanı genellikle 0,5 saniyeden 4,0 saniyeye kadar değişir (Lopes *et al.* 2007). Zaman, bir vana için suyu durdurarak başlangıç hızına kadar hızlandırmak için geçen süreyi temsil etmektir. Zaman ne kadar uzun olursa, tepki o kadar yavaş olacaktır. Türbin dışında, kapak için vananın açma/kapama hızı da hız tepkisine önemli bir etki yapar.

Şekil 1.3'te çalışmalardan birinde kullanılan hidro regülatör türbin modelinin bir örneğini göstermektedir (Gao *et al.* 2010). Basit bir modelden karmaşık modellere kadar olan dinamik çalışmalar için daha gelişmiş hidro türbin modelleri sunulmuştur (Lasseter 2002).



Şekil 1.3 Hidro regülatör türbin modeli örneği (Lasseter 2002)

Bu tezde, enterkonnekte sisteminin çökmesi durumunda yaşam şartlarının yerine getirilebilmesi için Bartın ilinin beslenme durumu incelenecektir. Bartın ilinin deprem/doğal afet bölgesi olmasından dolayı herhangi bir enerji sağlanamaması durumunda şebekeden bağımsız olarak beslenmesi sağlanacak ve öncelikli yerlerin

örneğin hastane, güvenlik güçleri, iletişim-haberleşme ağlarının kurulu güçlerinden yola çıkılarak ilimizdeki DÜ'lerin devreye alınması ve bölgede bulunan DÜ'lerin yeterlilik durumu araştırılacaktır. Dağıtım şebekesi içerisinde kritik yüklerin bulunduğu fiderler seçilecek ve bu fiderlerin üzerinde bulunan kritik yükleri beslemek adına yenilenebilir enerji kaynakları ile dağıtım fideri ölçekli izole ada oluşturulması planlanarak Digsilent Power Factory programı üzerinde analiz yapılacaktır. Bartın ilinde 3 adet dağıtık üretim tesisi bulunmaktadır. Bunlar; Kayadibi Hes (19,56 MW), Kirazlıköprü Hes (7,92 MW) ve Çaybükü GES (250 KVA)'tir. Bartın 2 TM yük tevzi merkezinde 4 adet fider bulunmakta olup, bunlar Köy1, Köy2, Şehir1 ve Şehir2 fiderleridir. Şehir1 ve Şehir2 fiderleri üzerinde acil(kritik) müşteriler bulunmasından dolayı yapılacak analiz çalışmaları bahse konu fiderler üzerinden gerçekleştirilecektir.

1.2. Literatür Taraması

K. Karaaslan çalışmasında, düzensiz üç faz dağıtım şebekesinde dağıtık üretim tesislerinin sürekli ve geçici durum etkilerini bir modelleme üzerinde çalışma yaparak incelemiştir. Düzensiz üç fazlı dağıtım şebekesi olarak farklılıkları içerisinde bulunduran 13 düğümlü IEEE pilot fideri, dağıtık üretim tesisi olarakta asenkron generatörü olan rüzgar türbini, ayrıca senkron generatör seçilmiş ve benzer modeller oluşturulmuştur. Modellemesi gerçekleştirilen şebekede yük akışı analizide yapılmıştır. Dağıtık üretim tesisi farklı düğüm noktalarına yerleştirilerek, gerilim profiline olan etkileri, kısa devre analizleri ve arıza akımlarına ait değişimler incelenmiştir. Modelleme ve analiz çalışmaları Digsilent Power Factory simülasyon programı kullanılarak yapılmıştır. Çıkan sonuçlar değerlendirildiği zaman, dağıtık üretim tesisinin gerilim profili için olumlu yönde katkı sağladığı, herhangi bir arıza durumunda ise arıza akımının büyüklüğüne ve yönüne ait değerler göz önünde bulundurularak koruma sistemlerine ait ayarların tekrar düzeltilmesi gerektiği tespit edilmiştir (Karaaslan 2010).

S. Uzun çalışmasında dağıtık üretim santrallerinin dağıtım şebekesine entegrasyon edilmesi durumunda etkilerini değerlendirerek entegrasyon sonucunda oluşabilecek olan problemlerden bahsetmiştir. Enerji kalitesi ve enerjinin sürdürülebilirliği sağlamak adına oluşabilecek problemlerinin çözümlenmesine ışık tutan gerekli standartlar, teknik

kriterler ve yönetmelikler kapsamında gerçekleştirilmesi planlanan analizlere değinilmiştir. Değişik yapıdaki santraller için ileri seviyede güç sistem analizleri yapılarak çalışmalar gerçekleştirilmiş, şebekeye olan uyumluluk hakkında yorumlama yapılmış ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda gerekli öneriler yapılmıştır. Dağıtık üretim tesislerinin dağıtım şebekesine entegrasyonu gerçekleştirilmesi aşamasında; dağıtık üretim tesislerinin etkisi ile kararlı hal gerilim durumlarına ait değişimi, entegrasyon sonrasında oluşabilecek yeni durumda yönlü korumayla dağıtım şebekesine koordinasyonun sağlanması, santralin reaktif güç yeteneğinin incelenmesi, arıza yaşnması durumunda devam etme yeteneği, gerilim ve frekans değerlerinin tepkisinin incelenmesi gibi ileri seviye analizlerden elde edilen sonuçlar incelenmiş ve yaşanan problemlerin çözülmesi için öneriler sunulmuştur (Uzun 2015).

A. Abdulsahib çalışmasında, radyal elektrik dağıtım şebekelerinde güç kaybını azaltılabilmesi için dağıtık üretim tesislerinin nominal değer boyutunun belirlenebilmesi için iki aşamadan oluşan yaklaşım yaparak analiz yapmıştır. İlk aşama sırasında dağıtık üretim tesisleri yokken asgari oranda aktif güç kayıplarına ait değerlerin bulunabilmesi için Backward Forward Sweep (BFS) yöntemini kullanmış ve güç akışı analizi gerçekleştirmiştir. İkinci aşama sırasındaysa; IEEE 33 baralı dağıtım şebekesinde nominal değerlerin elde edilmesi için parçacık sürü optimizasyonunu uygulamıştır. Çalışmanın amacı Irak'ta oluşan problemlerden dolayı elektrik enerjisine ait verimliliği iyileştiren dağıtık üretim tesislerinin uygun kapasiteye ilave olarak elektrik dağıtım şebekesinde yaşanan kayıpları azaltmak için uygun bölgeyi bulmaktır. Dağıtık üretim tesislerinin içerisinde büyüklüğü 1.251 MW olan dağıtık üretim tesisi üzerinde inceleme yapılmış ve toplam aktif güç kayıp değerinin 180.67 KW'dan 107 KW'a ve toplam reaktif güç kayıp değerinin 120,49 KVAR'dan 71,7 KVAR'a düştüğü yani %40,5 gibi önemli bir oran elde edilmiştir (Abdulsahib 2017).

M. Aytemiz bu çalışmasında, iletim şebekesinin çökmesi halinde beslenmesi gereken kritik yüklerin ve bulunduğu bölgedeki dağıtım şirketine ait tedarik sürekliliğinin devamlılığını sağlamaya yönelik dağıtım şebekesinin enerjilendirilmesi için gerilim kontrolünün yapılması sağlamıştır. Çalışmanın sonucunda dağıtım şebekesinde belirlenen bir pilot fiderde şebekeye bağlı konvansiyonel santraller ve dağıtık üretim

tesisleri ile mikro şebeke oluşturulmuş ve buna bağlı olarak analizler yapılmıştır. Mikro şebeke modunda çalışırken dağıtık üretim santrallerinde gerilim kontrolünü sağlamak için gerekli ayarlamalarının yapılması ve belirlenen yüklerin devreye kademeli olarak alınması durumunda gerilim kontrolünün sağlanabileceği görülmüştür. Pilot fider üzerinde mikro şebeke modunda santrallerin devreye alınması, mikro şebeke OG şebeke üzerinde yapılması gereken manevralarla yükün arttırılması durumları incelenmiştir. Bu durumlarda minimum ve maksimum yüklenme senaryoları göz önünde bulundurulmuş. Son olarak ani yük artışıyla hız regülatörü ve gerilim kontrolcüsüne ait ani yük değişim durumlarındaki tepkiler incelenmiştir (Aytemiz 2021).

T. Gökçek ve Y. Ateş çalışmasında, 13 baralı IEEE test sistemindeki değişik güç değerine sahip baralara, değişik tipte ve güç değerinde bağlantılar uygulanarak Electrical Power System Analysis Software (ETAP) analiz programında modelleme yapılmıştır. Modelleme sonucunda dağıtık üretim tesisinin gücünün bara gerilimine ve kısa devre değerlerine etkisi ile sistemde oluşan kayıplara sağladığı katkı incelenmiştir. Elektrik enerjisinin üretildiği noktada tüketilmesininde sağladığı avantajları gösterebilmek adına da simülasyon çalışması yapılmıştır. Elde edilen analizler sonucunda bütün entegrasyon durumlarına göre bağlantı noktası seçilmiş ve sistem modellemesinde karşılaşılabilecek durumların en az seviyeye indirgendiği tespit edilmiştir. 13 baralı IEEE Test Modeli kullanılmıştır. Sırasıyla 0.65 MW - 1.303 MW - 1.955 MW ve 2.606 MW güç değerlerindeki dağıtık üretim tesislerinin bağlantısı yapılmış olup, öncelikli olarak baralarda bulunan gerilim profil değerleri incelenmiştir. Dağıtım şebekesine en uzak bara da tüketici olması halinde gerilim regülasyonunun daha verimli sağlandığı, gerilim kontrol modunda çalışan dağıtık üretim tesislerinin ise aynı oranda verim sağladığı tespit edilmiştir (Gökçek ve Ateş 2019).

M.Akcanca ve S. Taşkın çalışmasında, dağıtım şebekesine akıllı şebekenin uygulanabilirliğini incelemişlerdir. Ülkemizdeki mevcut olan üretim ve tüketim hali, üretim tesislerinin dağıtım şebekesindeki oranları, enerji dağıtımı yapılması durumunda ise tüketimin anlık şekilde izlenmesi ve yük dengeleme durumları incelenmiştir. Akıllı şebekeler için alt yapı oluşturulması yönünden ülkemizde yapılması gerekenler hakkında önerilerden bahsedilmiştir. Günümüzde enerji ihtiyacını karşılamak için yenilenebilir

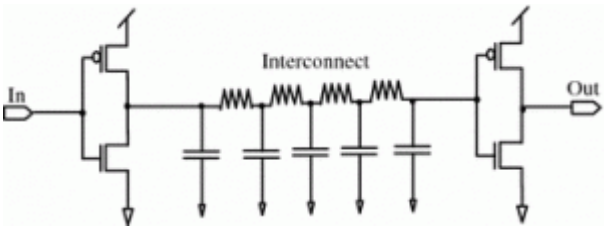
enerji tesislerinden temin edilen enerjinin kalitesi ve devamlılığı henüz yeterli olmadığından bahsedilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının dağıtım şebekesine entegrasyonu ve kullanıcıların kendi elektrik enerjilerini üretebilmesi gibi konular hakkında ortaya çıkabilecek problemler için hızlı ve güvenilir dağıtım şebekesi altyapısına ihtiyaç olduğu tespit edilmiş ve gerekli alt yapının sağlanması çözüm önerisidir (Akcanca ve Taşkın 2011).

A. Köksal çalışmasında, trafo merkezinin enerjisiz kaldığı hallerde mikro şebeke modu çalışması yapmış ve aktif güç ile frekans kontrolü için gerekli durumlar ortaya konulmuştur. Çalışmanın sonucunda izole ada modunda aktif güç ile frekans kontrolünün yapılabilmesi için en önemli etken; kullanılacak üretim kaynağının frekans kontrolcüsünün izole ada moduna uygun olacak şekilde gerekli ayarların yapılması ve mikro şebekenin frekans değerinin izleniminin yapılabilecek hale getirilebilmesi olduğu anlaşılmıştır. Çalışma kapsamında seçilen pilot bölgenin üzerinde yapılan simülasyonlara göre, gerekli kriterler sağlandığı takdirde, planlı bir mikro şebeke beslemesi yapılabileceği gözlemlenmiştir. Bununla beraber, "planlı" mikro şebeke uygulamasına ait gerekli mevzuat düzenlemeleri yapılması gerekmektedir (Köksal 2021).

2. DAĞITIK ÜRETİM TESİSLERİNİN ENTERKONNEKTE SİSTEME ENTEGRASYONU

2.1 Enterkonnekte Sistem

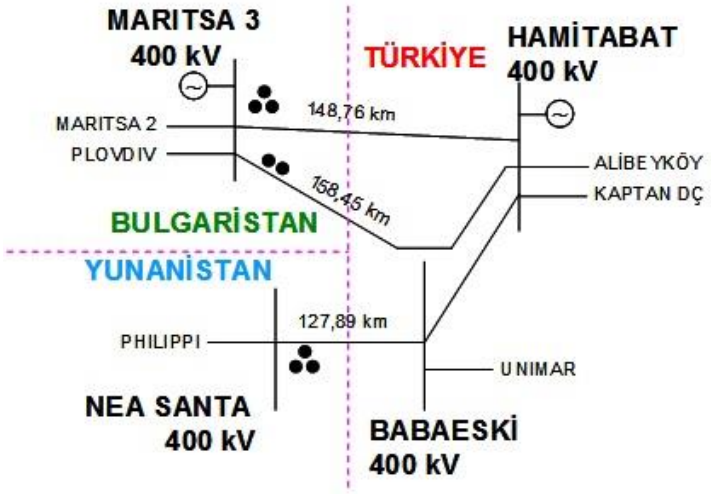
Enterkonnekte kelimesi dilimize İngilizce 'Interconnect' kelimesinden geçmiş olup, çoklu bağlantı anlamını ifade etmektedir. Enterkonnekte sistem üretilen elektrik enerjisinin üretildiği noktadan son noktaya(kullanıcıya) kadar verimli, kaliteli ve güvenilebilir bir şekilde taşınmasını sağlamaktadır (IEEE 2018). Ülkemizde ki tüm elektrik santralleri (termik santraller, hidroelektrik santralleri, rüzgar enerji santralleri, doğalgaz santralleri) büyük küçük gözetimi yapılmaksızın birbirine paralel bağlıdır. Herhangi bir santralde arıza meydana gelmesi durumunda şebekenin enerji ihtiyacı diğer santrallerden temin edilebilir, bunun nedeni paralel bağlı olmasıdır. Enterkonnekte sistem uluslararası bağlantı yapılmasını da sağlamaktadır. Bu sistemde üretim santralleri, iletim tesisine ve sonrasında dağıtım tesisinden kullanıcıya kadar bağlanarak beraber çalışmayı sağlar. Bir bölgenin kesintisiz bir şekilde enerji talebi enterkonnekte şebeke sayesinde gerçekleştirilir. Elektrik enerjisinin depolanmasının mümkün olmamasından dolayı devamlı olarak tüketicilere hızlı gönderim yapılması gerekir. Sürekli olması ve arızasız durumlar için en iyi sistem kullanımı olarak tanımlanması da mümkündür (IEEE 2018). Şekil 2.1'de enterkonnekte şebekede trafoların bağlantı şekli gösterilmiştir.



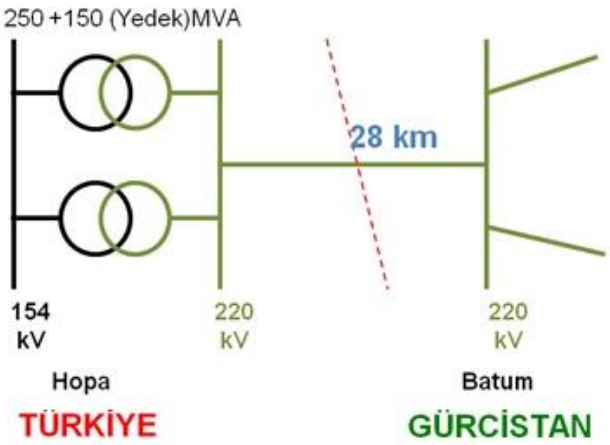
Şekil 2.1 Enterkonnekte sistem trafo bağlantı şekli (IEEE 2018)

Türkiye de ki enterkonnekte sistem; Bulgaristan, Rusya, Irak, Suriye ve Gürcistan ülkelerinin elektrik şebekeleriyle bağlantılıdır. Bu bağlantı noktalarından elektrik alışverişi yapılmaktadır. (Türkiye Elektrik İletim AŞ). Şekil 2.2'de Türkiye ile Yunanistan ve Bulgaristan'a ait enterkonnekte bağlantı şeması gösterilmiştir. Şekil 2.3'te

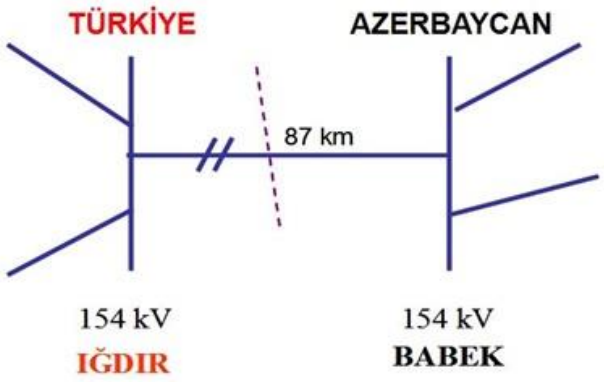
Türkiye ile Gürcistan'a ait enterkonnekte bağlantı şeması gösterilmiştir. Şekil 2.4'te Türkiye ile Azerbaycan'a ait enterkonnekte bağlantı şeması gösterilmiştir. Şekil 2.5'te Türkiye ile İran'a ait enterkonnekte bağlantı şeması gösterilmiştir.



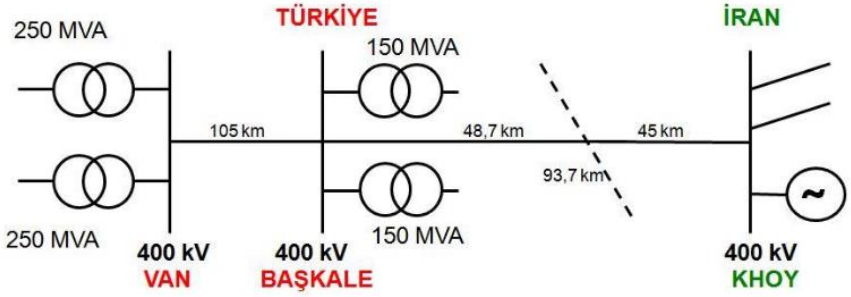
Şekil 2.2 Türkiye'nin Bulgaristan ve Yunanistan ile enterkonnekte bağlantı şeması (Türkiye Elektrik İletim AŞ)



Şekil 2.3 Türkiye'nin Gürcistan ile enterkonnekte bağlantı şeması (Türkiye Elektrik İletim AŞ)



Şekil 2.4 Türkiye'nin Azerbaycan ile enterkonnekte bağlantı şeması (Türkiye Elektrik İletim AŞ)



Şekil 2.5 Türkiye'nin İran ile enterkonnekte bağlantı şeması (Türkiye Elektrik İletim AŞ)

2.2. Digsilent Power Factory

Power Factory (PF), veri tabanı ile çalışan güç sistem analizi yapmak için analiz algoritmaları içeren hesaplama programıdır. Kullanıcı kendine özel profili tanımlama yoluyla kişiselleştirebilme arayüzü özelliğine sahiptir (DigSilent Power Factory).

Çalışma yapılacak fiderler de anahtarlama pozisyonları sonucunda elde edilecek izole adanın yük akış analizleri, gerilim ve frekans hesaplamaları Digsilent programı ile gerçekleştirilmiştir. Analizler çalışma yapılan fiderlerin ortalama yük koşulları ve üretim santrallerinin muhtemel yüklenme durumları gibi değişik şebeke koşullarını içermektedir.

2.3. Dağıtık Üretim Kaynaklarının Çalışma Şekilleri

- İzole Ada Modunda Çalışma

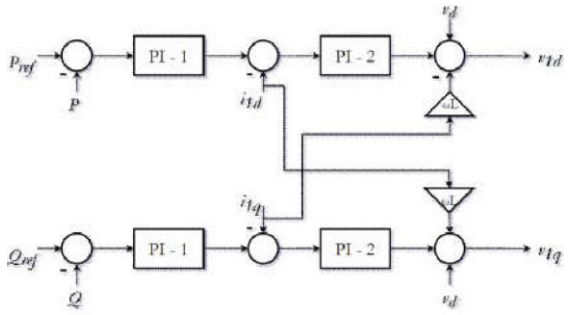
- Şebeke ile Senron Şekilde Çalışma Modu

2.3.1. Dağıtık üretim kaynaklarının izole ada modunda çalıştırılabilmesi için gerekli özellikler

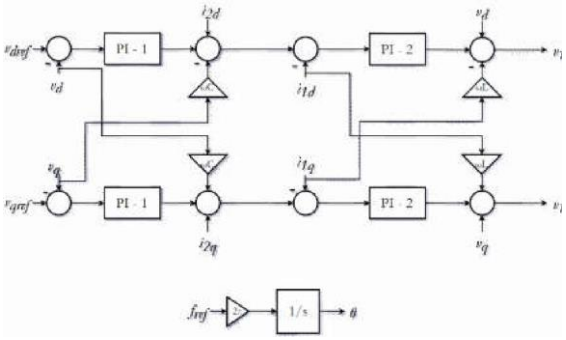
- Black-Start yani şebeke toparlanması özellikli üretim kaynakları
- Mikroşebeke (microgrid) üzerindeki üretim kaynakları tarafından yük-frekans ve gerilim kontrolü

Dağıtım şebekesinde belirli bir bölümün izole ada modunda çalışabilmesi için;

- Senkron generatör içeren üretim kaynağı bulunmalı
- En az bir adet üretim kaynağında (santralinde) şebeke toparlanma özelliği olmalı
- Dağıtık üretim kaynağının hız regülatör sistemi; P-F droop modunda çalışmalı (Şekil 2.6)
- Dağıtık üretim kaynağının gerillim/kontrol sistemi; Q-V modunda çalışabilir olmalıdır (Şekil 2.7)



Şekil 2.6 PQ kontrol blok diyagramı (Lopes *et al.* 2007)



Şekil 2.7 Vf kontrol blok diyagramı (Lopes *et al.* 2007)

Dağıtık üretim tesislerinin kontrol stratejisi iki ana başlıkta incelenir. Bunlar, izole ada modu ve dağıtım şebekesine bağlı moddur. Dağıtık üretim tesisi dağıtım şebekesine bağlı olduğu takdirde reaktif güçler ve aktif güçler (Q-P) kontrol edilebilir. Sistemin izole ada moduna geçmesi durumunda gerilim değeri ve frekans değeri (V-f) kontrol edilebilir. Küçük hidroelektrik üretim tesisleri ve konvansiyonel tesisler için senkron jeneratör bulunduran dağıtık üretim tesisleri daha yaygın olarak kullanılır. Bahse konu senkron jeneratörün, makinenin gerilimini ve hızını ayarlamak için bir uyarıcı ve regülatöre ihtiyacı vardır. İzole ada işletmesi için, reaktif gücü ve uyarıcı gerilimi (Q-V) ayarlarken, hız regülatörü aktif gücü ve hızı (P-F) ayarlar. İzole ada da güç dengesizliği yani yükte bir değişikliğe neden olursa, frekans değerinde de değişiklik olur (salınım (*swing*) denklemine dayalı olarak). Herhangi bir geçişte (adaya bağlı olarak) frekans değerinde sapma meydana gelmesi durumunda, frekans rölesi nominal değerin altında ya da üzerinde ki bir değerde hemen açacağı için ve bundan dolayı jeneratörün çalışmasını durdurur. Ayrıca izole ada modunda çalışamayacağından endişe kaynağı olarak düşünülmektedir. İzole ada modu sırasında, izin verilen değerler aralığında regülatör frekansını ayarlayabilmeli ve dağıtım şebekesinin tekrardan senkronize olmasını gerçekleştirebilmelidir (Trujillo *et al.* 2010).

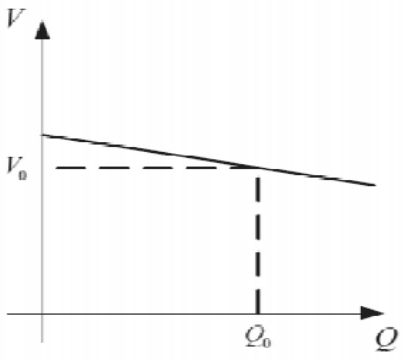
2.4 Bütün Dağıtık Üretim Tesisleri için Droop Modu

İzole ada modu çalışma sırasında birçok dağıtık üretim tesisinin çalışabilmesini kontrol edebilmenin en kolay yolu bütün dağıtık üretim tesisleri için droop modunu uygulayabilmektir. Bu yöntemi kullanarak, dağıtık üretim tesislerinin çekeceği yükler

dağıtık üretim tesisinin MW kapasitesi ile orantılı bir şekilde paylaştırılır. Bu yöntemin dezavantajı ise, izole ada moduna ait frekans değerinin yeni bir değere inmesidir. Frekans değerinin nominal değerinden değişikliğe gitmesi, gerilim fazına da etki edecek ve nominal değer de sapmalar meydana gelecektir. Bundan dolayı, bütün dağıtık üretim tesislerinin droop modunda çalışması yöntemi şebekenin yeniden senkronize olabilme durumunu ihlal etmektedir (Brabandere *et al.* 2007).

2.5 Dağıtık Üretim için Droop Modu ve Diğer Dağıtık Üretim İçin Eş Zamanlı Modu

Dağıtık üretim tesislerini, herhangi bir dağıtık üretim tesisinin eşzamanlı modda çalıştıracağı ve geri kalan zamanlarda droop modunda çalışabilmesi ayarlanacak şekilde kontrolünün sağlanmasıdır. Droop modunda çalışan jeneratörler yalnızca droop değer verilerine göre frekans değerinin regülasyonuna katkı sağlayabilirler. En yüksek kurulu güce sahip dağıtık üretim tesisi, dağıtım şebekesi izole ada moduna geçtiğinde olası bir yük artışını karşılayabilmek için eş zamanlı dağıtık üretim tesisi olarak çalışmaya başlar. Halihazırda mevcut bulunan dağıtık üretim tesislerinin kapasitesinin üstünde aşırı yüklenilmesi, yük atmayı gerektirmektedir. Bu yapılan tekniğin avantajı ise, izole adaya ait frekans değerinin nominal değerine yeniden gelebilmesidir. Droop modunda çalışan jeneratör izole adayı tek başına enerjilendirdiğinde herhangi bir yük değeri arttığı takdir de frekans değerinde düşüş yaşanır. Şekil 2.8'de AVR'nin droop mod karakteristiği gösterilmiştir.



Şekil 2.8 Otomatik voltaj regülatörünün droop mod karakteristiği (Brabandere *et al.* 2007)

2.6 Bütün Dağıtık Üretim Tesisleri İçin Eş Zamanlı Modu

Bir diğer kontrol yöntemi, bütün dağıtık üretim tesislerinin eş zamanlı modda çalıştırarak kontrolünü sağlamaktır. Biri 4.51 MVA ve bir diğeri ise 2 MVA değerinde iki farklı dağıtık üretim tesisinin eş zamanlı modda çalıştırılmasından bahsedilen (Best *et al.* 2007)'de bu yöntem ele alınmıştır. İzole ada modundayken yükleri orantılı olarak dağıtmak için analiz programında dağıtık üretim tesisleri arasında bağlantı sağlanmış ve bu durumda, dağıtık üretim tesislerine ait generatörlerin hiçbiri hız kontrol ünitesi gibi davranmamıştır. Dağıtık üretim tesislerinden herhangi biri devre dışı olduğunda geriye kalan dağıtık üretim tesisi halen çalışmaya devam edebilir ve izole adanın frekans değerinin nominal değerde kalmasını sağlayabilir. Bu yöntem hızlı ve güvenilir bir iletişime ihtiyaç duyar.

Türkiye'deki konu ile ilgili mevcut yönetmelik ve tebliğlere göre, her ne kadar dağıtım şebekesine bağlı dağıtık üretik tesislerinin izole ada beslemeye uygun bir şekilde tasarlanması gereksede, "planlı" izole ada modunda çalışma ile ilgili kuralları içeren bir yönetmelik/tebliğ henüz mevcut değildir ve yapılan bu çalışma mevzuatın geliştirilmesi açısından önemli bir fırsat sunmuştur. Zira, Türkiye'nin özellikle Karadeniz Bölgesi'nde bulunan, Kaplan ve Pelton tipi türbinli küçük HES'ler, "planlı" izole ada uygulaması için potansiyel birer adaydır ve projede gerçekleştirilen çalışmalar ile bir izole ada besleme karar ve uygulama süreci uygulandığı ve teknik kriterler sağlandığı sürece "planlı" bir izole ada besleme uygulaması yapılabilirliği anlaşılmıştır. İzole ada beslemesi için proje kapsamında gerekli teknik şartlar şu şekilde olması gerekmektedir:

- İzole adada en az bir HES bulunmalı,
- İzole ada çalışması esnasında yeterli miktarda su olmalı,
- Santralde black-start özelliği olmalı (dizel jeneratör veya başka bir lokal enerji desteği olmalı),
- Ada bölgesi içerisinde yük olmalı (dağıtım şirketi tarafından şebekeden ayrılıp izole adaya tahsis edilecek şekilde),
- HES, Kaplan veya Pelton tipi türbin ile donatılmış olmalı,

- HES'in hız regülatörü sistemi, P-F droop modunda (izole ada modu) çalışabilmeli ve,
- HES'in voltaj kontrol sistemi, Q-V droop modunda (izole ada modu) çalışabilmelidir.

Yukarıda belirtilen şartların yanı sıra çalışma yapılacak fider seçimi yapılırken, seçilen fider üzerinde acil durumda besleme yapılması gereken yerler göz önüne alınmıştır. Bunun sebebi enterkonnekte sistemin çökmesi durumunda kritik yüklere mikro fider uygulaması ile ivedi olarak enerji verilmesidir.

Uygulanabilir izole ada modu durumunda enerji kaynağı kontrolü olan ve hız yönetim sistemi bulunan dağıtık üretim kaynakları ya da tercihen en büyük nominal güç değerine sahip dağıtık üretim seçilir. Ayrıca bu duruma ek olarak senkron makine bulunduran her üretim santralinin otomatik gerilim regülatörüne (AVR) sahip olduğu, reaktif güç çektiği ya da verdiği bağlantı baralarının gerilim değerini referans değer aralığına ayarlayabilirdiği varsayılır. Asenkron makine bulunduran üretim santralleri ise kapasitör grupları sayesinde az miktarda olsa gerilim kontrolü yapabilirler fakat gerilim ya da frekans regülasyonu yapabilme kabiliyetleri yoktur (Trujillo *et al.* 2010).

Ayrıca çalışma yapılacak fider üzerinde bulunan koruma sistemi izole ada moduna elverişli bir şekilde çalışma durumu kontrol edilmeli ve elverişli değilse koruma koordinasyonunda gerekli düzeltmelerin yapılması gerekmektedir.

2.6.1 Black-start özelliği

Black-Start, iletim şebekesinin tamamen ya da kısmen kapanması sebebiyle herhangi bir üretim santralinin harici elektrik şebekesi olmadan yani; bir kaynaktan (dizel jeneratör gibi) gerilim verilerek yeniden çalışabilmesidir. Enerjinin depolanması, frekans değerinin istenilen değeri sağlamasının yanı sıra, belirtilen özelliklerden en az bir tanesini yapabilmesini sağlar (TC Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu 2020).

2.6.2 Mikroşebeke (microgrid) üzerindeki üretim kaynakları tarafından yük frekans ve gerilim kontrolünün sağlanması

İzole ada modu durumunda çalışan uyarma sisteminin kontrolcüsü birbiriyle ilişki içerisinde olan gerilim ve reaktif güç parametrelerini kontrol etmektedir. Gerilim kontrol sistemleri, otomatik gerilim regülatörü (AVR) ve uyartım sisteminden oluşur.

İletim/dağıtım şebeke sisteminde dağıtık üretim santrallerinin entegrasyonu konusunda istenen bağlantı sistemi özellikleri ve teknik özellikleri içeren çeşitli yönetmelik/yönerge bulunmaktadır. Bunların bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir (TC Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu 2020).

- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği (EPDK, 2014)
- Elektrik Şebeke Yönetmeli18) (EPDK, 2014)
- Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliği (EPDK, 2014)
- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin yönetmeliğin Uygulanmasına Dair Tebliğ (EPDK, 2013)
- Elektrik Piyasası Yan Hizmetler Yönetmeliği (EPDK, 2008)
- Dağıtım Tesislerine Bağlanacak Üretim Santralleri İçin Fider Kriterleri,

3. BARTIN İLİ DAĞITIM ŞEBEKESİNE AİT MODELLEME

Teze ait bu bölüm kapsamında modellemesi yapılacak olan fiderlerin simülasyon analizi için Digsilent Power Factory programı kullanılmıştır. Acil besleme yapılması gereken bölgeler, kritik yüklerinin durumu, üretim santrali bulunan fiderlerin bilgileri için elektrik dağıtım şirketi CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) biriminden yardım alınmıştır. Üretim santrallerinin üretim bilgileride dağıtım şirketi müşteri teknik hizmetleri biriminden alınmıştır.

3.1 Çalışma Yapılacak Fiderlerin İncelenmesi:

Bu kısımda çalışma yapılacak fiderlerin seçim nedenleri incelenmiştir. Dağıtım şirketinden alınan CBS bilgilerini Digsilent Power Factory programında modellemesi yapılmış ve acil durum beslemesi yapılacak bölgelerin fiderleri seçilmiştir. Fider seçiminde örneğin hastane, güvenlik güçleri gibi önem düzeyi yüksek olması göz önüne alınmıştır. Acil bir durum olan büyük çaplı şebeke çökmesi durumda, kritik yüklere mikro-fider uygulanarak ivedi olarak enerji verilmesi planlanmıştır. Çizelge 3.1'de belirtilen Şehir1 ve Şehir2 fiderleri üzerinde gerekli uygulamalar yapılmıştır.

3.2 Acil Durum Beslemesi Yapılacak Bölgelerde Çalışılacak Fiderler

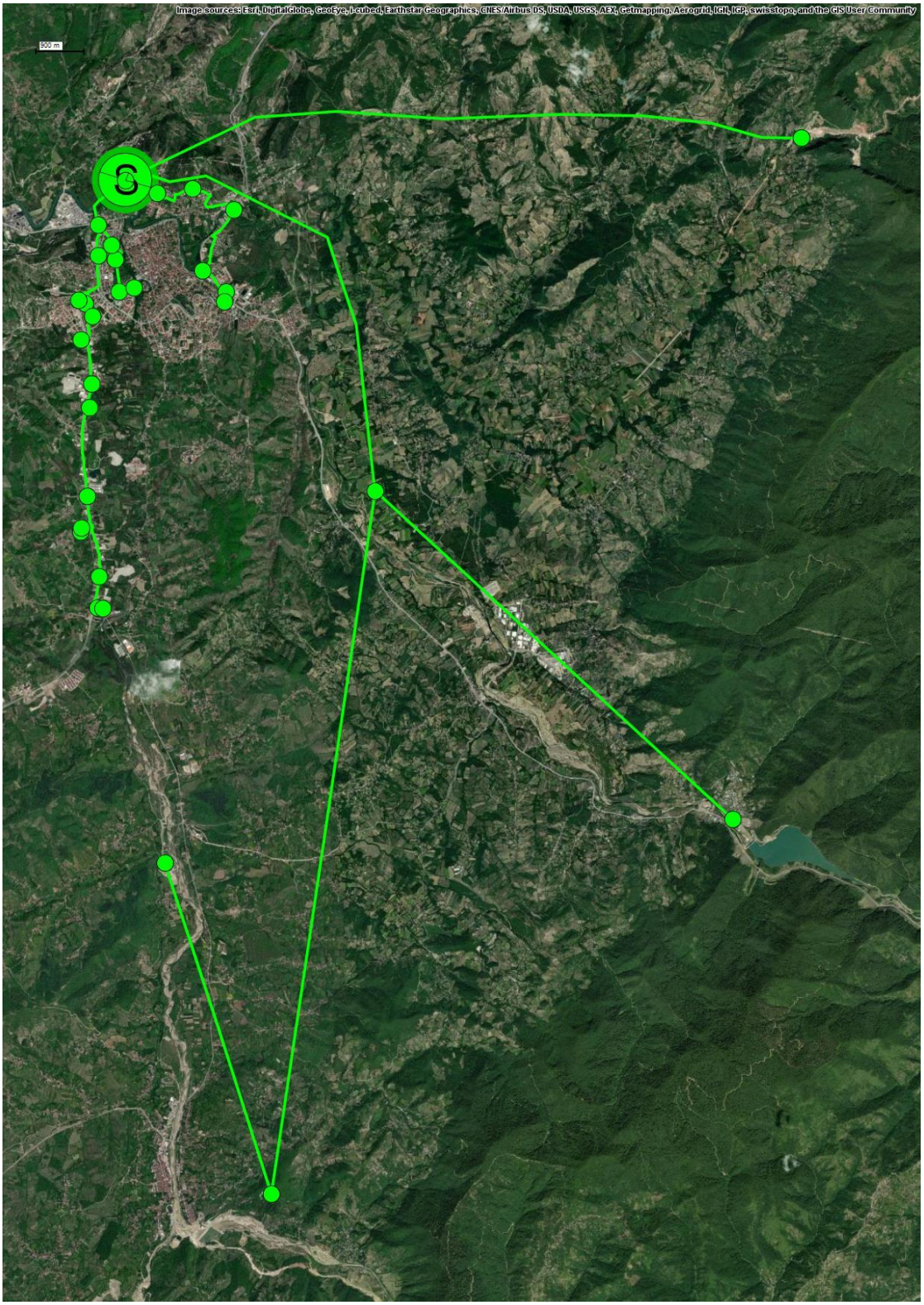
Dağıtım şirketinin sorumluluk alanında bulunan Bartın ilinin enerjisiz kalması durumunda, dağtık üretim tesisleri ile şebekede bulunan kritik müşterilerin öncelikli beslenmesi çalışması yapılmıştır. Çizelge 3.1'de gösterilen kritik müşterilerin bağlı bulunduğu fiderler, Bartın 2 TM yük tevzi merkezinden Kaynarca DM'ye daha sonra dört fiderin bulunduğu Kaynarca DM'den kritik müşterilerin bağlı bulunduğu Şehir-1 ve Şehir-2 fiderlerinde çalışmalar yapılmıştır. Çizelge 3.2'de kritik müşteriler ve kurulu güçleri gösterilmiştir. Çalışmada Digsilent Power Factory programı ile modellemesi yapılmış, yapılan modelleme çalışması harita üzerine aktarılmıştır. Şekil 3.1'de yapılan modelleme gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Bartın 2 TM fiderleri

Trafo Merkezi	Fider
Bartın 2 TM	Köy-1
Bartın 2 TM	Köy-2
Bartın 2 TM	Şehir-1
Bartın 2 TM	Şehir-2

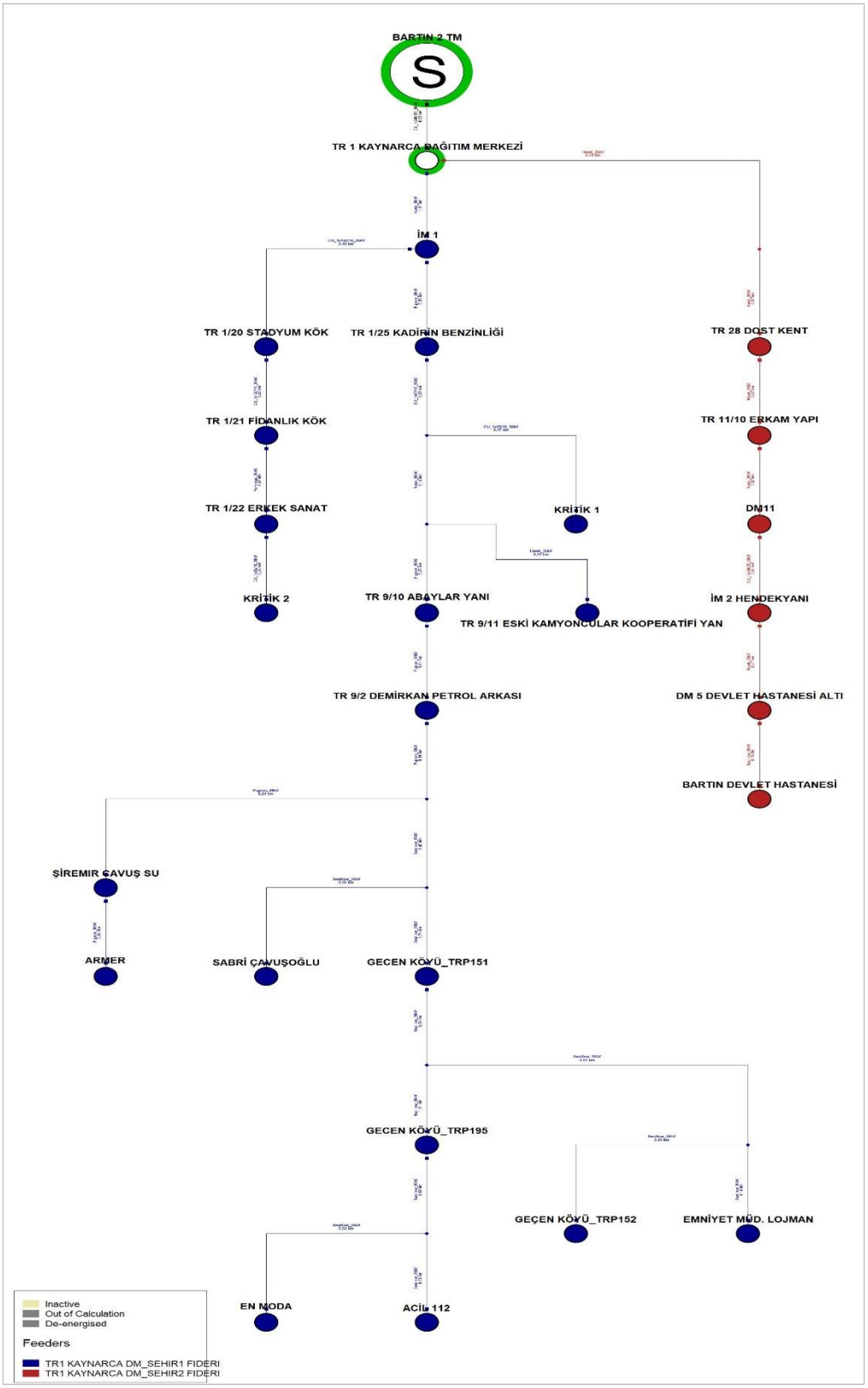
Çizelge 3.2 Kritik müşterilerin fider isimleri ve kurulu güçleri

Fider İsimleri	Fiderlerde Bulunan Kritik Müşteriler	Kurulu Gücü(MW)
Şehir-1	112 Acil	0,46
Şehir-1	Kritik1	0,30
Şehir-1	Kritik2	0,57
Şehir-2	Bartın Devlet Hastanesi	0,96



Şekil 3.1 Bartın digsilent modellemesi

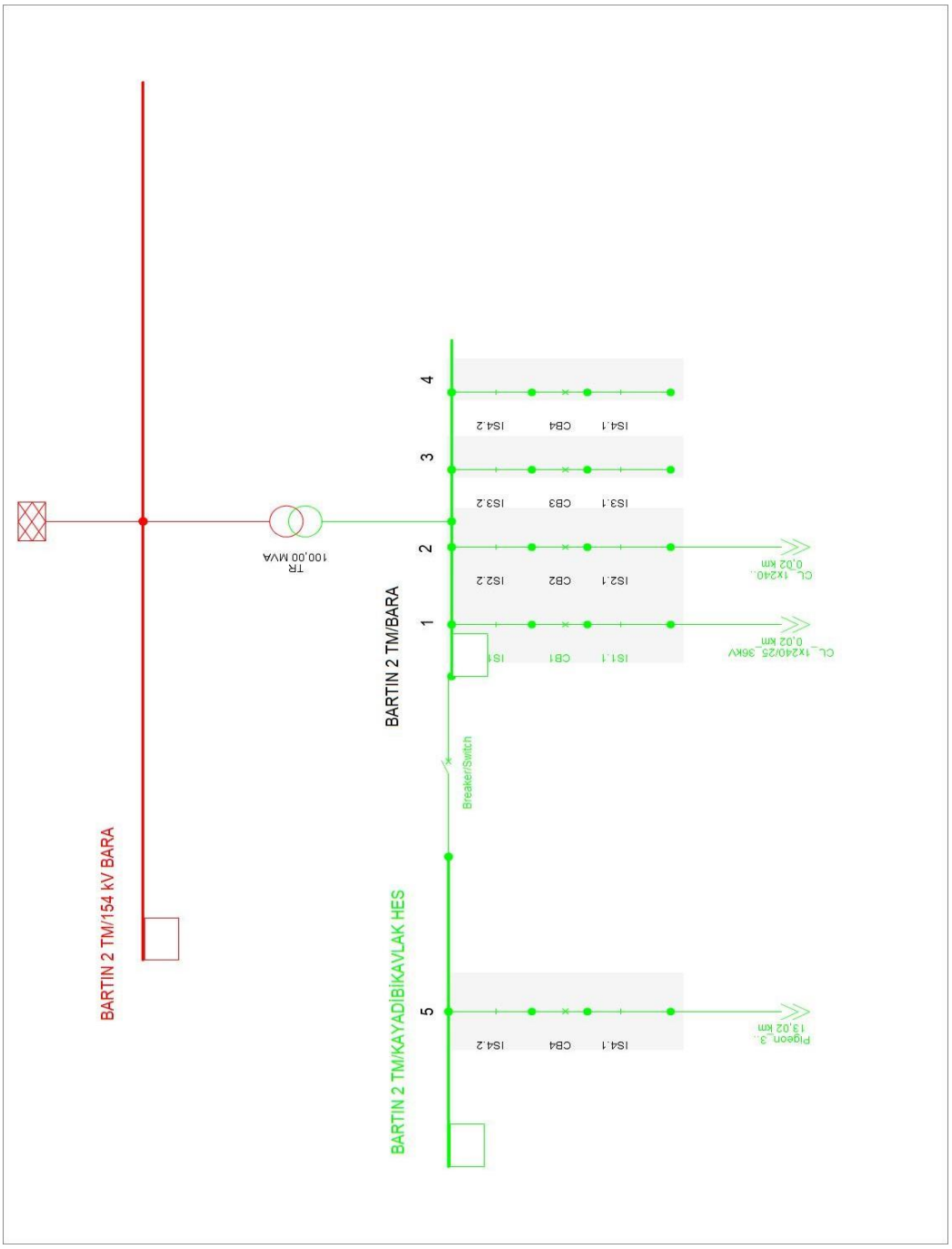
Şekil 3.1'de Digsilent programında modellenen Bartın ilinin Şehir1 ve Şehir2 fiderleri bulunmaktadır. Bu fiderler Bartın 2 TM merkezinden çıkan Kaynarca DM'ye bağlıdır. Şehir1 fideri üzerinde kritik müşterilerden kritik1, kritik2 ve acil 112 bulunmaktadır. Besleme akış diyagramı, Şehir1 İM-1'i beslemektedir. İM-1 üzerinden 2 çıkış alınmış çıkışlardan birisi kritik1 ile acil 112'yi diğeri kritik2'yi beslemektedir. Şehir2 fideri İM-2 üzerinden Bartın devlet hastanesini beslemektedir. Çalışmada tek hat diyagramı üzerinde gösterilen kritik müşteriler ile çalışma yapılmıştır. Diğer trafo merkezlerinin incelemesi yapılmamıştır. Bartın 2 TM'den çıkıp Kaynarca DM'ye gelen ve beslemesi yapılacak acil durum bölgelerinin tek hat şemaları Şekil 3.2' de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Bartın digsilent model tek hattı

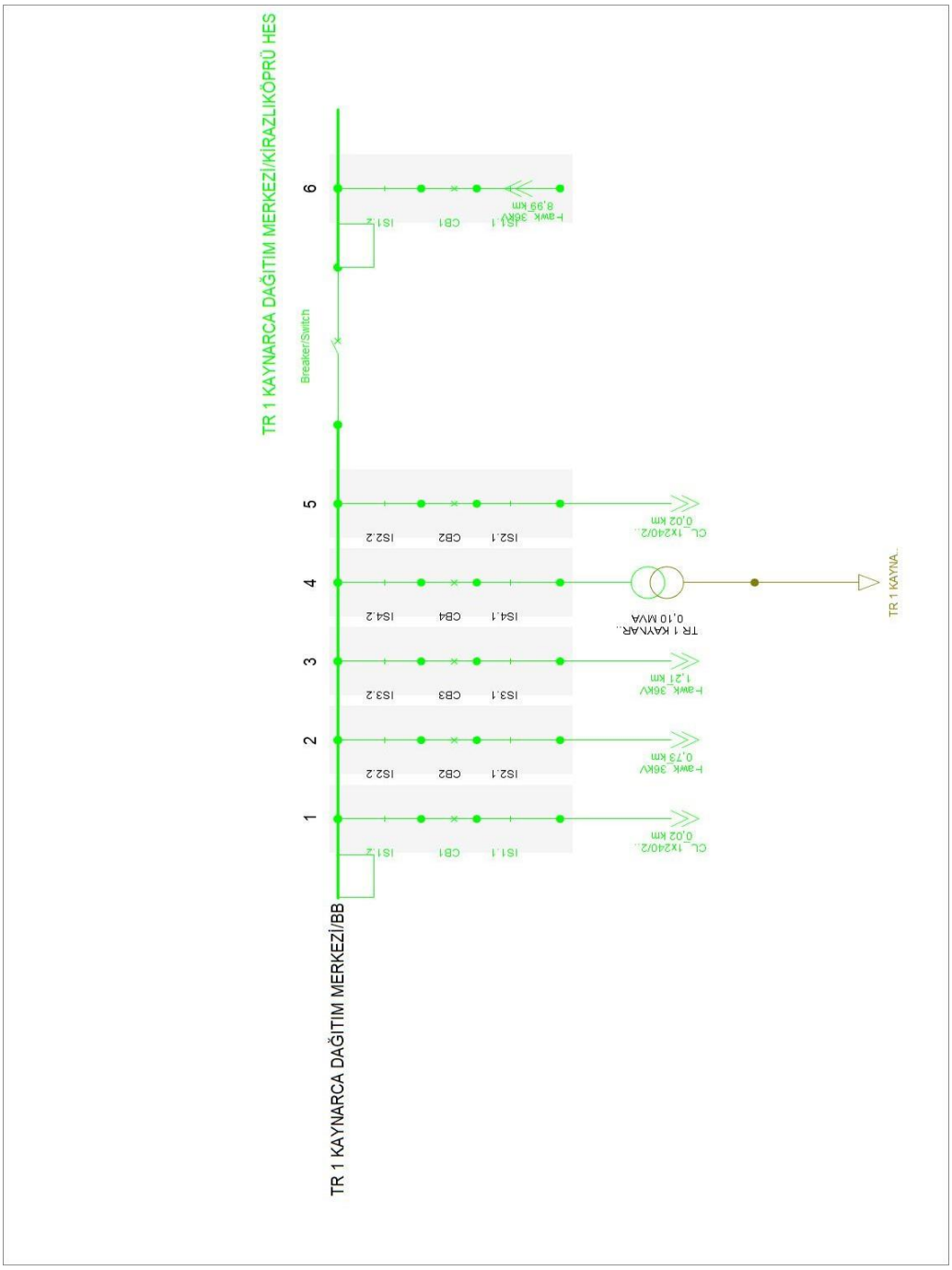
Şekil 3.2'de Digsilent'ta modellenen Bartın ilinin tek hat şeması gösterilmektedir.

Şekil 3.3'te görüleceği üzere Kayadibi HES dağıtık üretim tesisi Bartın 2 TM' nin 31,5 kV barasına bağlıdır. Kayadibi HES' te üretilen enerji Bartın 2 TM üzerinden kritik müşterileri beslemektedir.



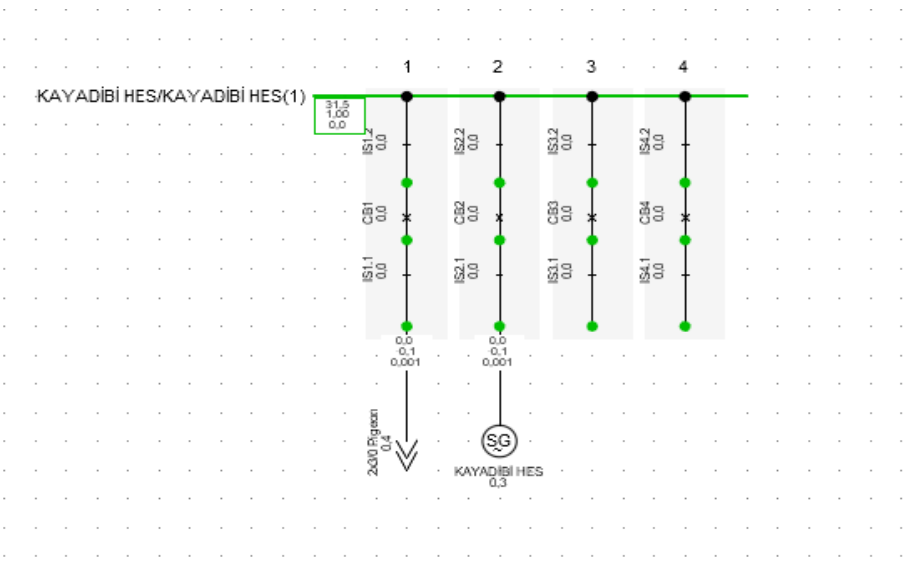
Şekil 3.3 Bartın 2 TM tek hat şeması

Kirazlıköprü HES dağıtık üretim tesisi Şekil 3.4'te görüleceği üzere Kaynarca DM' nin 31,5 kV barasına bağlıdır. Kirazlıköprü HES' te üretilen enerji Kaynarca DM üzerinden kritik müşterileri beslemektedir.



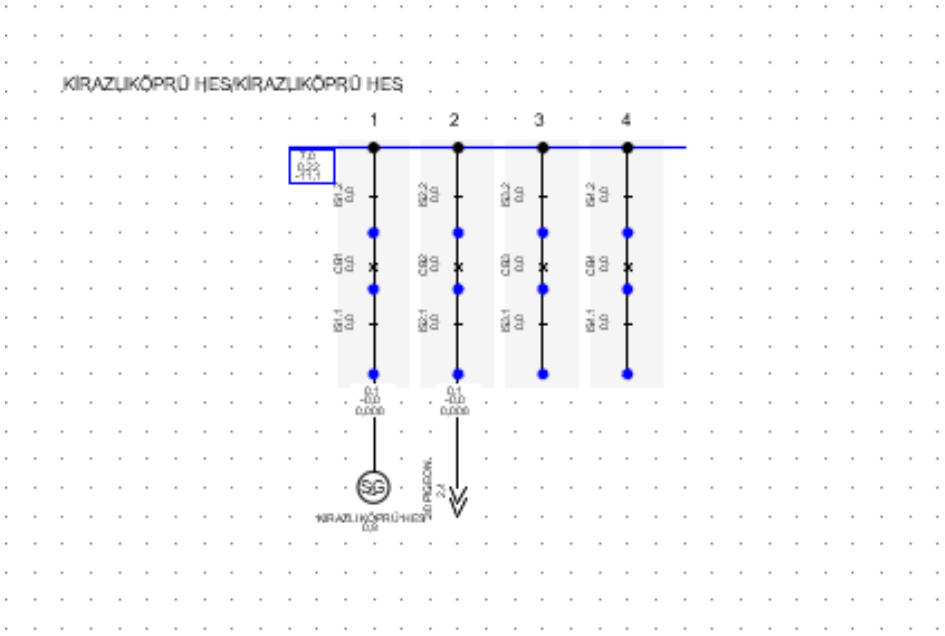
Şekil 3.4 Kaynarca dağıtım merkezi tek hat şeması

Şekil 3.5'te Kayadibi Hes'in Digsilent modellemesine ait tek hat şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Kayadibi hes tek hat şeması (digsilent modelleme)

Şekil 3.6'da Kirazlıköprü Hes'in Digsilent modellemesine ait tek hat şeması gösterilmiştir.

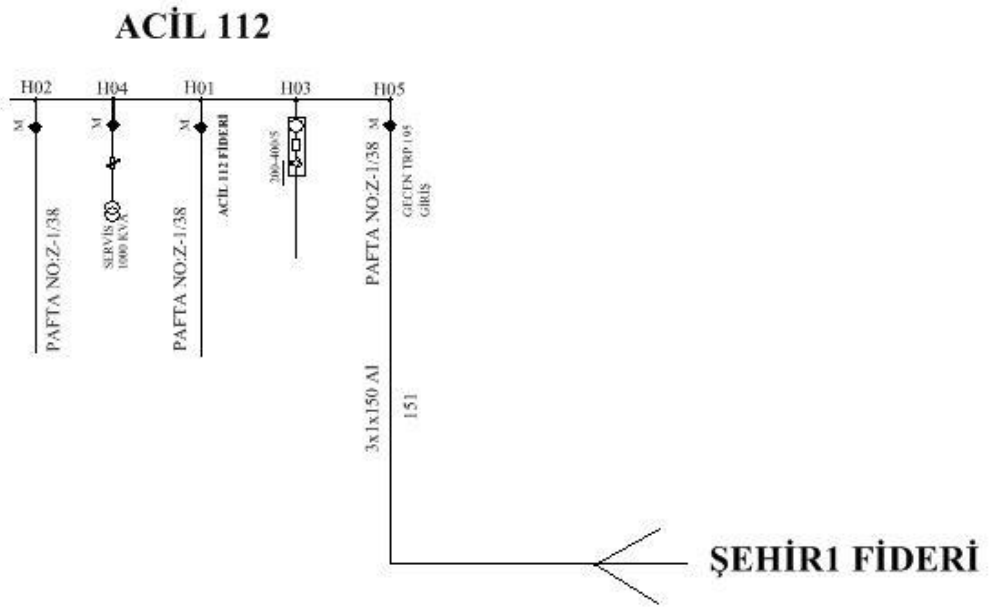


Şekil 3.6 Kirazlıköprü hes tek hat şeması (digsilent modelleme)

3.3 Acil (Kritik) Müşteriler

3.3.1 Acil 112

Kaynarca DM Şehir1 fideri üzerinde bulunan Acil 112'nin tek hat şeması Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Acil 112 çağrı merkezini besleyen 1000 kVA gücünde trafo bulunmakta ve Acil 112 çağrı merkezinin yıllık bazda çektiği ortalama puant değer 480 kwh 'tir.



Şekil 3.7 Acil 112 tek hat şeması

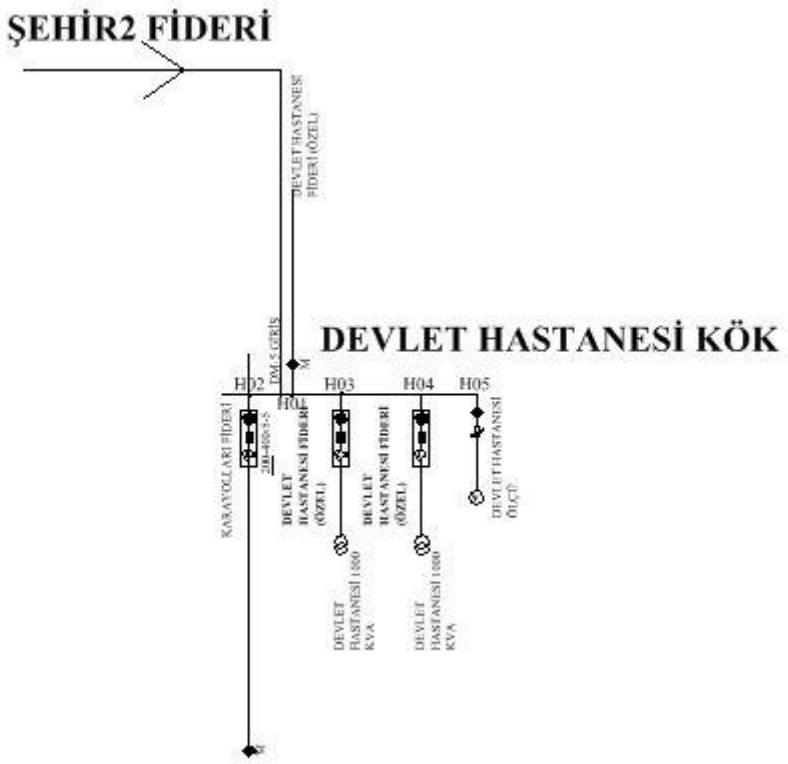


Şekil 3.8 Şehir1 fideri-acil 112 besleme adımları

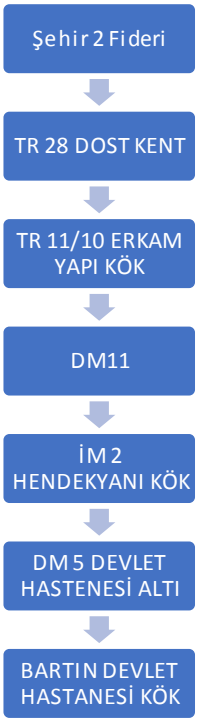
Şekil 3.8'de Kaynarca DM'den çıkan Şehir1 Fideri; İM1'e gelmektedir. Daha sonra sırasıyla Kadir'in benzinliği KÖK, Abaylar yanı KÖK, Demirkan Petrol Arkası KÖK, Gecen Köyü KÖK ve son olarak Acil 112 KÖK'ü enerjilendirmektedir. Digsilent programı ile yapılan analizde, enterkonnekte sistemin çökmesi ya da TEİAŞ'ta herhangi bir problem yaşanması durumunda Acil 112, 50. saniyede enerjilendirilecektir.

3.3.2 Bartın devlet hastanesi

Şekil 3.9'da Kaynarca DM'den çıkan Şehir2 fiderinin Bartın Devlet Hastanesini enerjilendiren kök binasını beslediği görülmektedir. Bartın Devlet Hastanesini besleyen 2 adet 1000 kVA gücünde trafolar bulunmakta ve Bartın Devlet Hastanesinin yıllık bazda çektiği ortalama puant değer 960 kwh 'tir.



Şekil 3.9 Bartın devlet hastanesi tek hat şeması

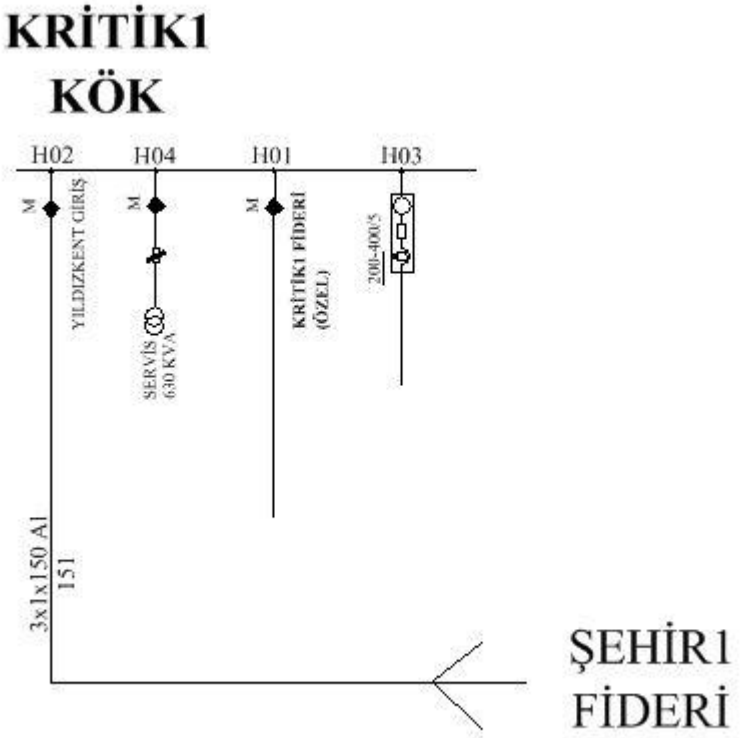


Şekil 3.10 Şehir2 fideri-Bartın devlet hastanesi besleme adımları

Şekil 3.10'da Kaynarca DM'den çıkan Şehir2 Fideri; sırasıyla, Dost Kent KÖK, Erkam Yapı KÖK, DM11, İM2 Hendekyanı KÖK ve son olarak Bartın Devlet Hastanesi KÖK'ü enerjilendirmektedir. Digsilent programı ile yapılan analizde, enterkonnekte sistemin çökmesi ya da TEİAŞ'ta herhangi bir problem yaşanması durumunda Bartın Devlet Hastanesi, 60. saniyede enerjilendirilecektir.

3.3.3 Kritik1

Şekil 3.11'de Kaynarca DM'den çıkan Şehir1 fiderinin kritik1 hizmet binasını enerjilendiren kök binasını beslediği görülmektedir. Kritik1 hizmet binasını besleyen 630 kVA gücünde trafo bulunmakta ve kritik1 hizmet binasının yıllık bazda çektiği ortalama puant değer 302,4 kwh 'tir.



Şekil 3.11 Kritik1 hizmet binası tek hat şeması

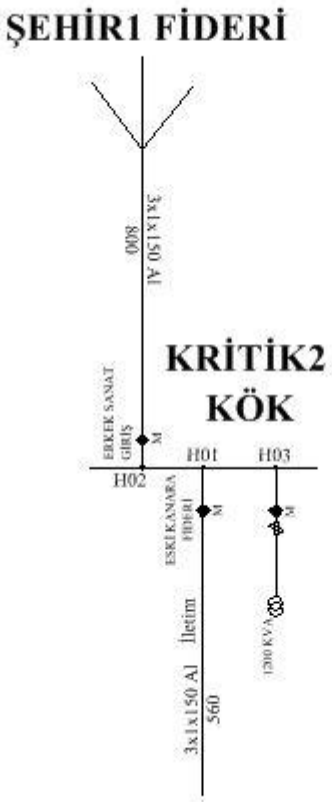


Şekil 3.12 Şehir1 fideri-kritik1 besleme adımları

Şekil 3.12'de Kaynarca DM'den çıkan Şehir1 Fideri; İM1'e gelmektedir. Daha sonra sırasıyla Kadir'in benzinliği KÖK, Fidanlık KÖK ve Kritik1 KÖK'ü enerjilendirmektedir. Digsilent programı ile yapılan analizde, enterkonnekte sistemin çökmesi ya da TEİAŞ'ta herhangi bir problem yaşanması durumunda Kritik1 KÖK 70. saniyede enerjilendirilecektir.

3.3.4 Kritik2

Şekil 3.13'te Kaynarca DM'den çıkan Şehir1 fiderinin Kritik2'yi enerjilendiren kök binasını beslediği görülmektedir. Kritik2 binasını besleyen 1200 kVA gücünde trafo bulunmakta ve Kritik2 binasının yıllık bazda çektiği ortalama puant değer 576 kwh 'tir.

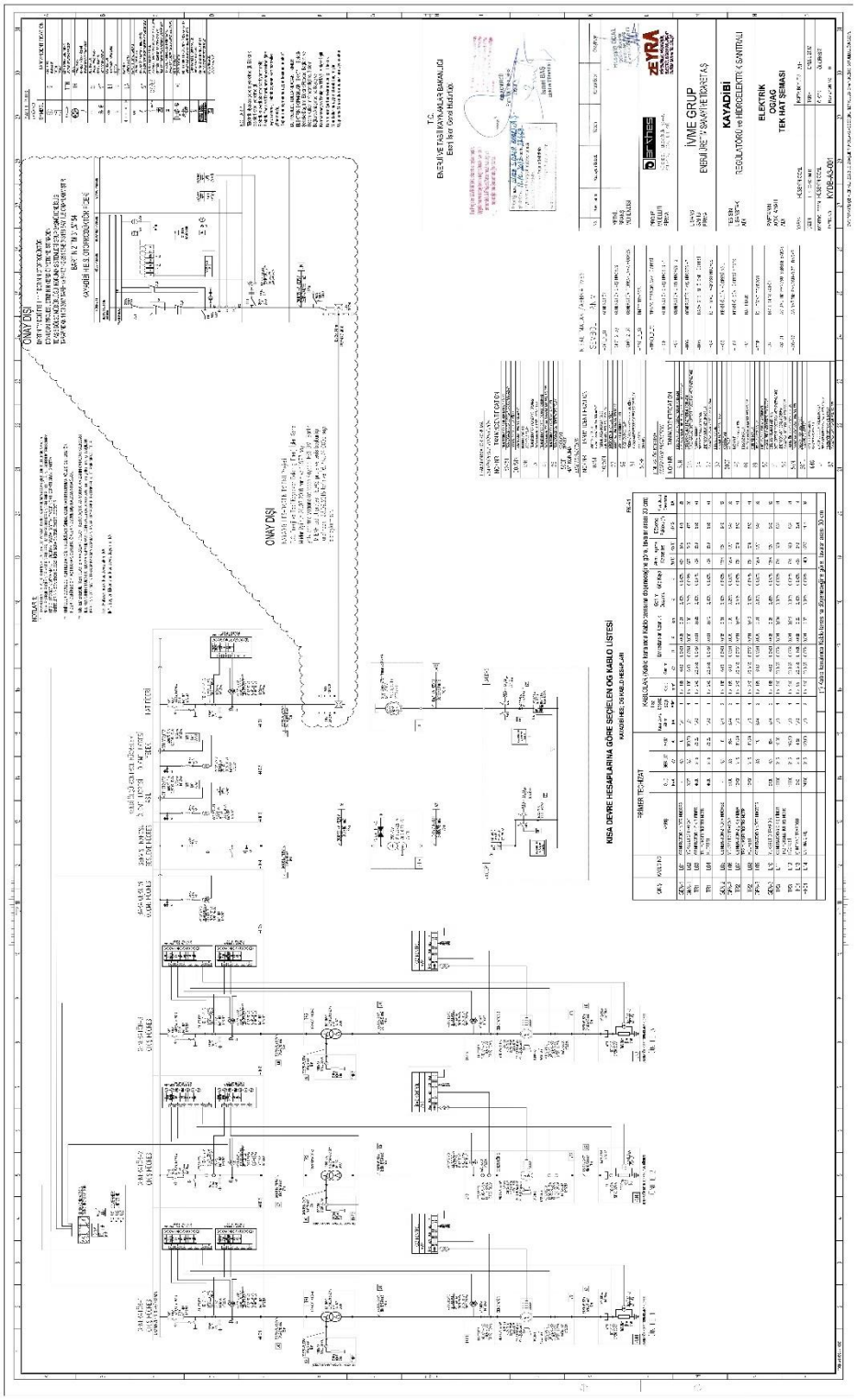


Şekil 3.13 Kritik2 tek hat şeması



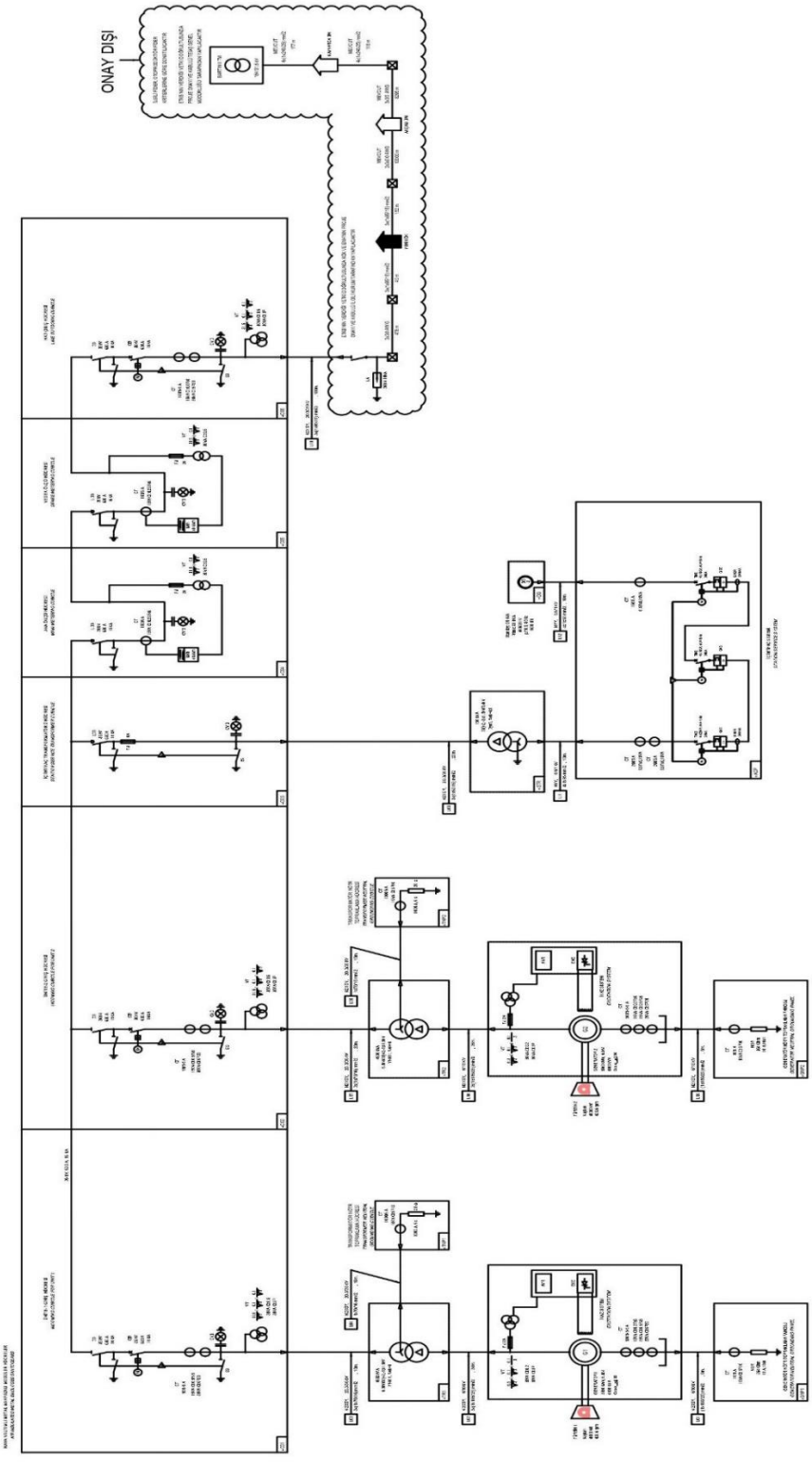
Şekil 3.14 Şehir1 fideri-kritik2 besleme adımları

Şekil 3.14'te Kaynarca DM'den çıkan Şehir1 Fideri; İM1'e gelmektedir. Daha sonra sırasıyla Stadyum KÖK, Fidanlık KÖK, Erkek Sanat KÖK ve son olarak Kritik2 KÖK'ü enerjilendirmektedir. Digsilent programı ile yapılan analizde, enterkonnekte sistemin çökmesi ya da TEİAŞ'ta herhangi bir problem yaşanması durumunda Kritik2 KÖK 80. saniyede enerjilendirilecektir.



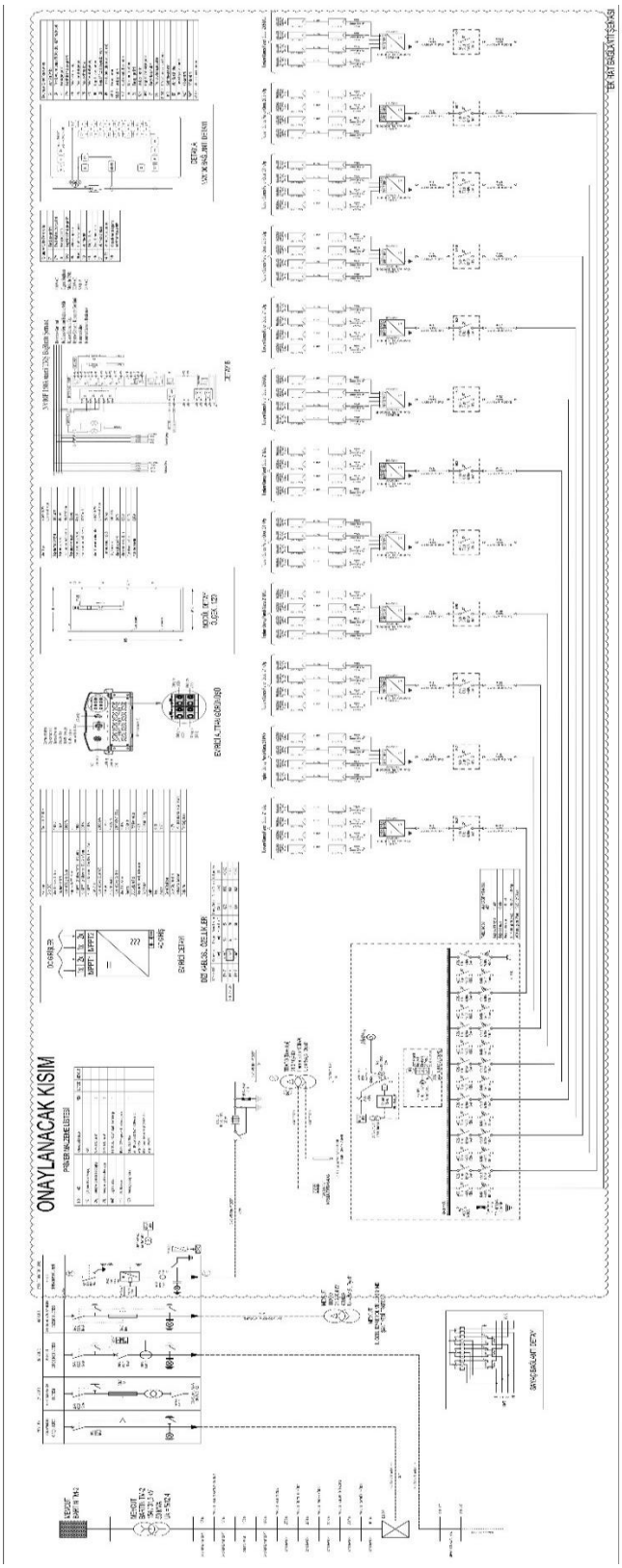
Şekil 3.15 Kayadibi hes tek hat şeması

Şekil 3.15'te Kayadibi Hes'e ait tek hat şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.16 Kirazlıköprü hes tek hat şeması

Şekil 3.16'da Kirazlıköprü Hes'e ait tek hat şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.17 Çaybükü ges tek hat şeması

Şekil 3.17'de Çaybükü Ges'in tek hat şeması gösterilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda; i) dağıtım şebekesinde izole ada (mikro şebeke) moduna geçebilmek için gerekli olan manevra imkanları ve ii) acil durum(kritik) yüklerinin bulunması gibi şartları sağlayan Şehir1 ve Şehir2 fiderleri ön plana çıkmaktadır.

- Şehir1 Fideri (Kaynarca DM) → Acil (kritik) yüklerin bulunması (Acil 112, Kritik1, Kritik2) özelliği olması;
- Şehir2 Fideri (Kaynarca DM) → Acil (kritik) yüklerin bulunması (Bartın Devlet Hastanesi) özelliği olması;
- Kayadibi Hes – Bartın 2 TM yük tevzi merkezinin barasına bağlıdır. Black-start (şebeke toparlanma) özelliği olan dağıtık ürtim santrali olması;
- Kirazlıköprü Hes- Kaynarca Dağıtım Merkezinin barasına bağlıdır. İzole ada modunda çalışabilmek için gerekli manevra imkanları var fakat black-start özelliği yoktur.

Kayadibi Hes üretim santraline ait tek hat şeması Şekil 3.15'te gösterilmiştir. Black-start (şebeke toparlanması) imkanı olan üretim santralidir. Bu üretim santralinin tek hat şemasında da görüleceği üzere, dizel jenerator grubundan ikaz ve iç ihtiyaç için gerekli olan enerji temin edilerek üretim santrali black-start yapabilir. Genelde senkron jeneratörler şebeke toparlanması işlemi için mevcut kapasitelerinin %0,5-%2'sine ihtiyaç duymaktadırlar. 19,56 MW'lık Kaydabibi Hes üretim santrali 0,2 MW'lık dizel jeneratör bulundurmalıdır. Bu durum üretim santralinin black-start kabiliyetine sahip olduğunu gösterir.

İncelemelerin sonucunda yapılan şebeke modellemesine ait simülasyonlardan ve detay analizlerden bahsedilecektir.

4. BARTIN İLİ ACİL BESLENME PLANI

Çalışma yapılan bölgede gerçekleştirilen dinamik analizde, izole ada modundayken şebekede yapılacak olan manevralarla yüklenmesinden sonra üretim santrallerinin aktif yük paylaşım modunda yani droop modda çalışırken, izole ada modunun frekans ve gerilim değişimleri incelenmiş ve bu değişimlere üretim santralinin dinamik tepkileri analiz edilmiştir. Yüklenme analizlerinde değerler OSOS kayıtlarından alınmış olup, yıllık yük profillerinin ortalama yüklenme koşullarına ait senaryolar incelenmiştir. Kayadibi Hes üretim santralinin, black start özelliği aktif edilerek şebekeyi beslemesi adına başlangıç noktası olarak seçilmiştir. Çizelge 4.1'de sistem toparlanmasından hemen sonra takip edilmesi gereken güzergahlar ve enerjilendirilecek üretim santrali ile yükler gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Güzergah sıralaması

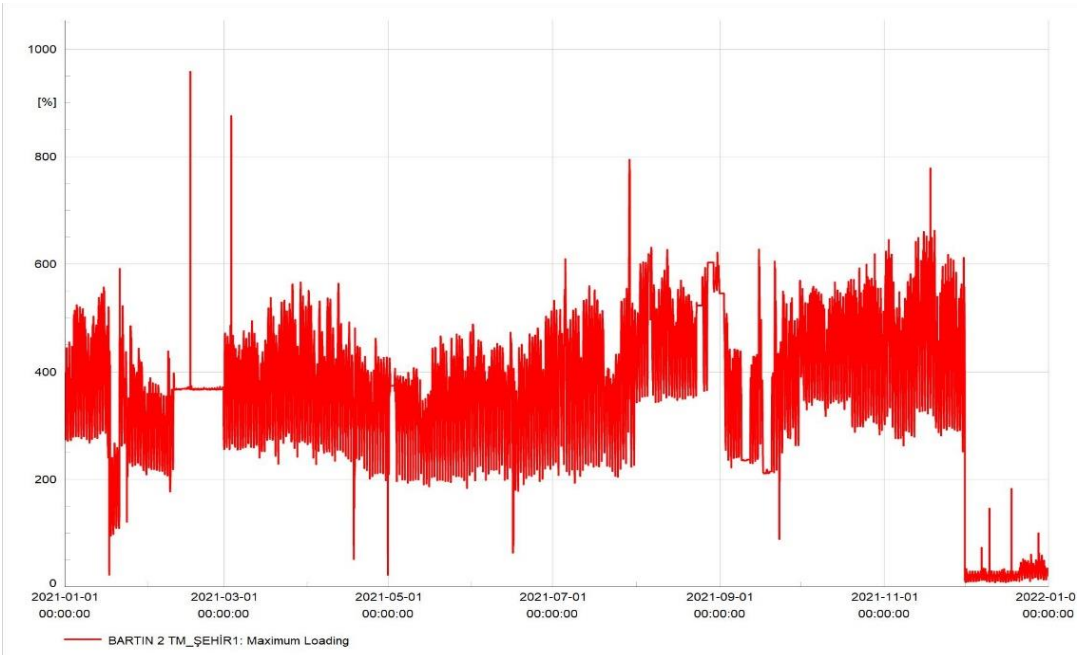
Durum Sıralaması	Gerçekleşen Durum	Devreyre Alınan Yer
1	Kayadibi Hes	Santrali devreye alma
2	Kirazlıköprü Hes	Kirazlıköprü Hes enerjilendirme
3	Acil 112	Şehir1 fideri enerjilendirme
4	Bartın Devlet Hastanesi	Şehir2 fideri enerjilendirme
5	Kritik1	Şehir1 fideri enerjilendirme
6	Kritik2	Şehir1 fideri enerjilendirme

4.1 Yüklenme Koşulları Analizi

OSOS verilerine göre çalışma yapılan Şehir1 fiderine ait maksimum yüklenme şubat ayında, Şehir2 fiderine ait maksimum yüklenme haziran ayında gerçekleşmiştir. Bahsedilen dönemde yüklenme koşullarında 9 aşamada gerçekleşen anahtarlamadan sonra çalışma bölgesi üzerindeki üretim santralleri izole ada modunda enerjilendirilmiş olup, üretim santrallerinin toplam 27,44 MW'lık gücü bulunmakta ve acil beslemesi yapılacak yerlerin 2,31 MW'ı üretim santralleri devreye alınarak beslenmiştir. Çizelge 4.2'de 9 durumda gerçekleştirlen anahtarlama olayları verilmiştir.

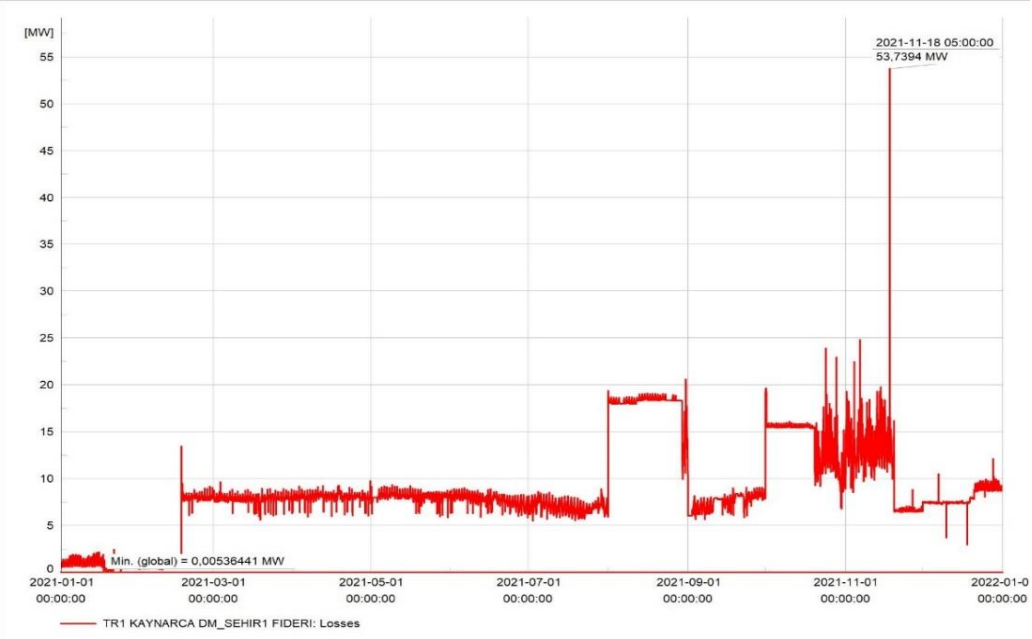
Çizelge 4.2 9 durumlu anahtarlama olayları

	Durum Sıralaması	Durum	Geçekleştiği Süre (sn)	Güç (MW)
DÜ'leri enerjilendirme	1	Teiaş devreden çıktı	10	-
	2	Kayadibi Hes Devreye Alma	20	-
	3	Kayadibi Hes İç İhtiyaç	20	-0,2
	4	Kirazlıköprü Hes	30	0,12
Yük devreye alma	5	Şehir1 ve Şehir2 fiderleri enerjilendirme	40	-
	6	Acil 112	50	0,48
	7	Bartın Devlet Hastanesi	60	0,96
	8	Kritik1	70	0,3
	9	Kritik2	80	0,57



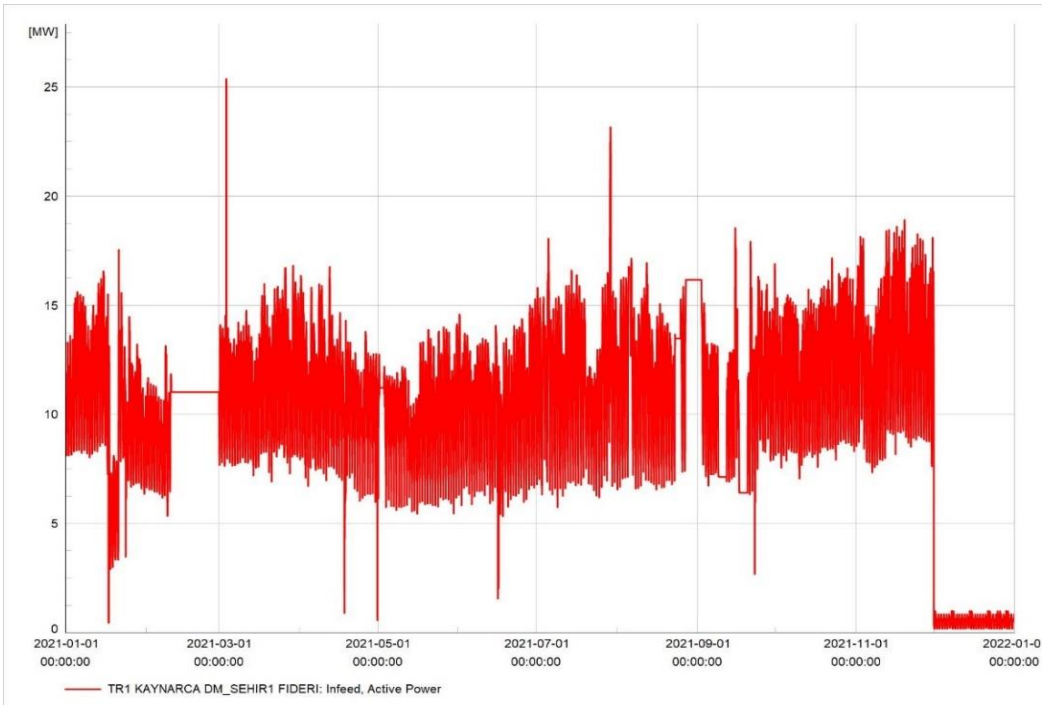
Şekil 4.1 Şehir1 fideri maksimum yüklenme durumu

OSOS kayıtlarına göre Şehir1 fiderinin maksimum yüklenmesinin şubat ayında gerçekleştiği anlaşılmıştır (Şekil 4.1).



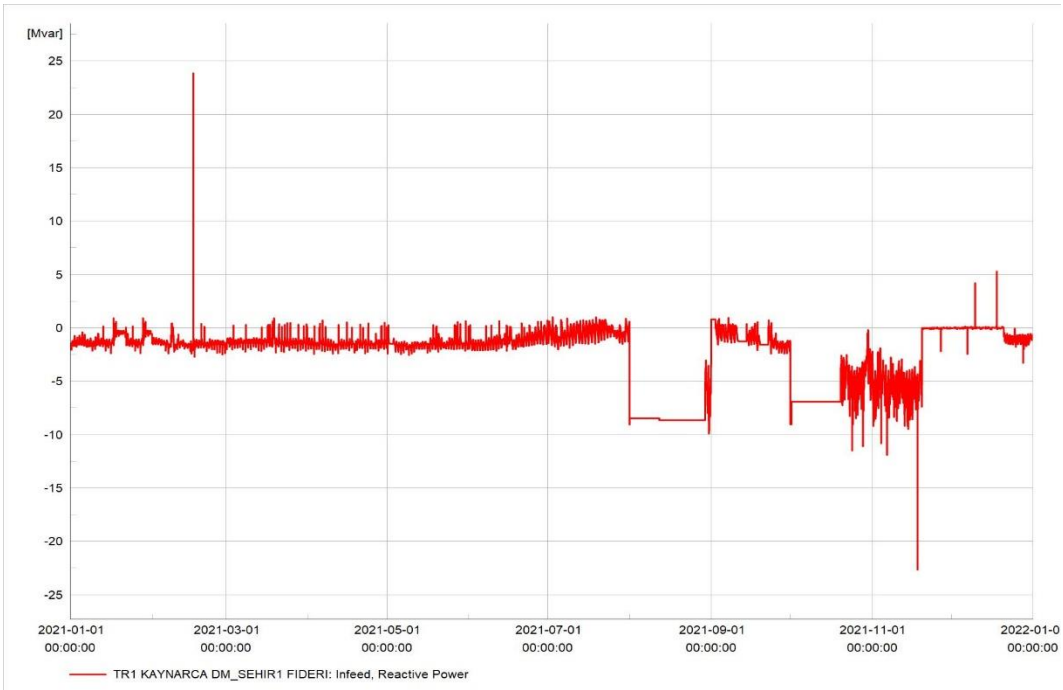
Şekil 4.2 Şehir1 fideri kayıplar

Şekil 4.2'de Şehir1 fiderine ait kayıp değerleri gösterilmiştir.



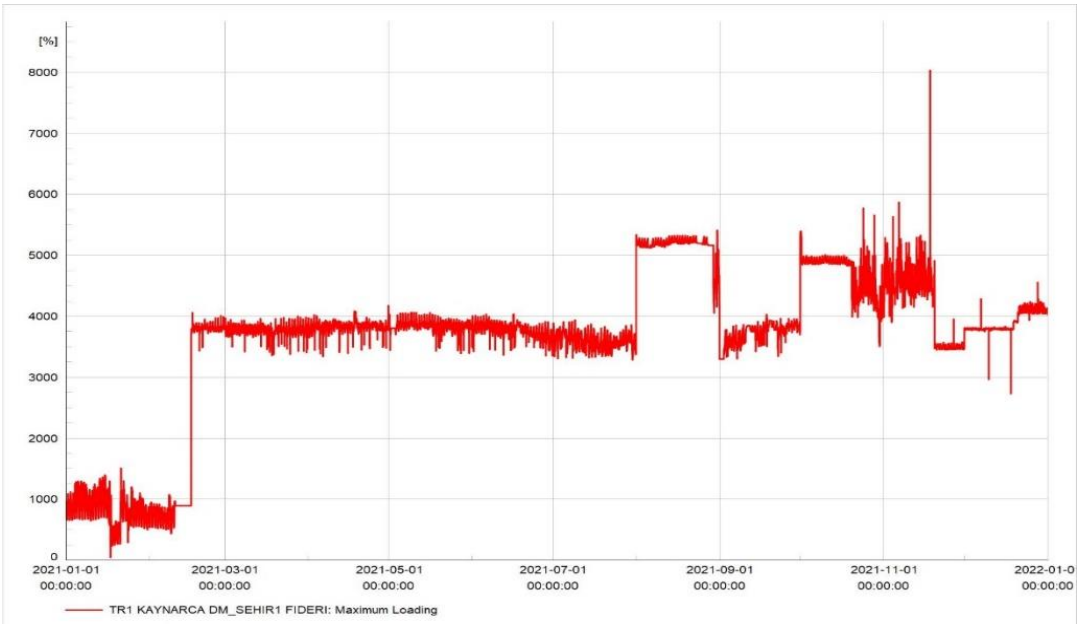
Şekil 4.3 Şehir1 fideri aktif güç

Şekil 4.3'te Şehir1 fiderine ait aktif güç değişim diyagramı gösterilmiştir.



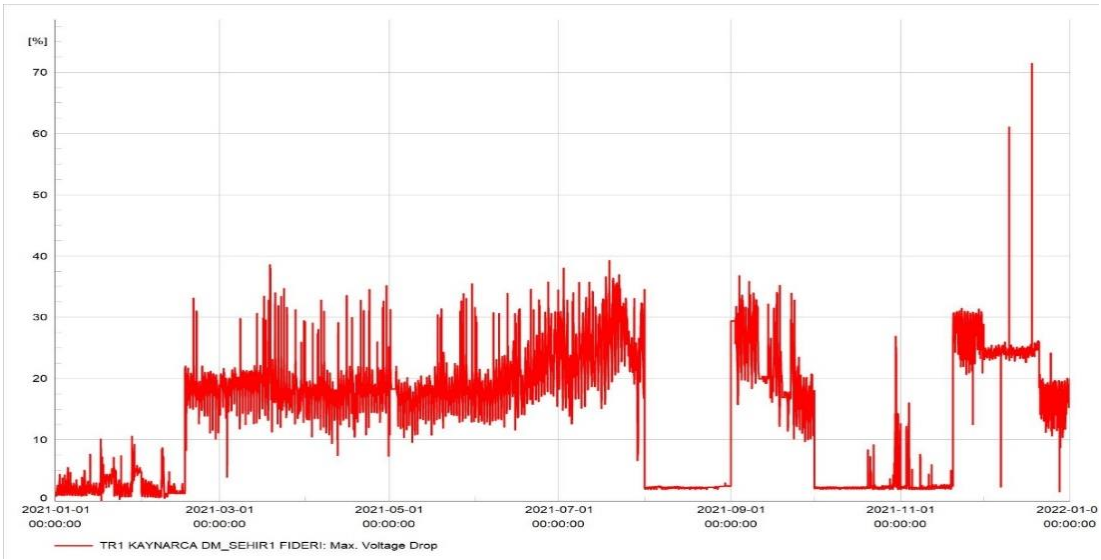
Şekil 4.4 Şehir1 fideri reaktif güç

Şekil 4.4'te Şehir1 fiderine ait reaktif güç değişim diyagramı gösterilmiştir.



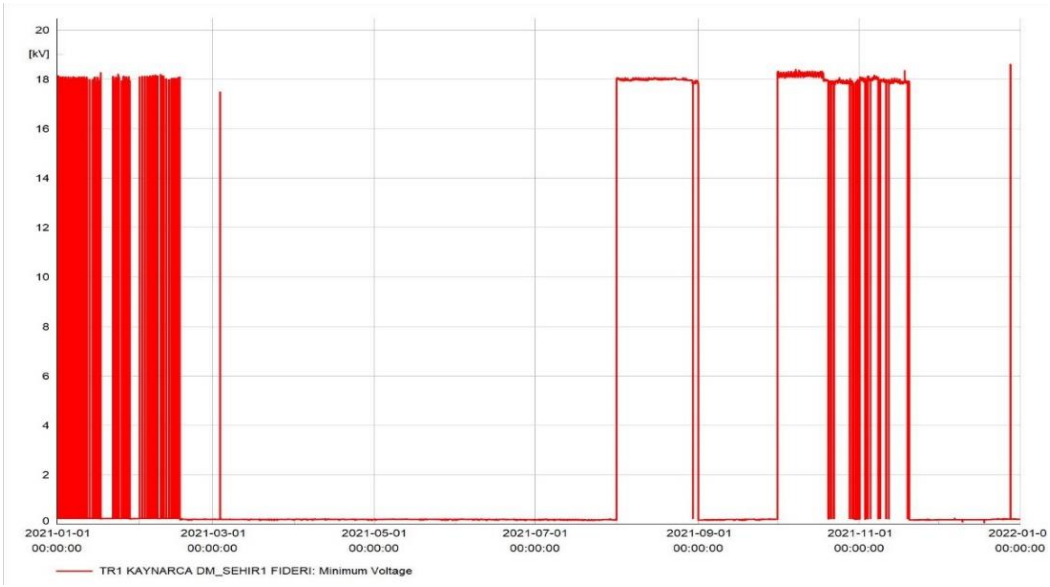
Şekil 4.5 Şehir1 fideri maksimum yüklenmede aktif güç

Şekil 4.5'te Şehir1 fiderinin maksimum yüklenme durumunda değişen aktif güç diyagramı gösterilmiştir.



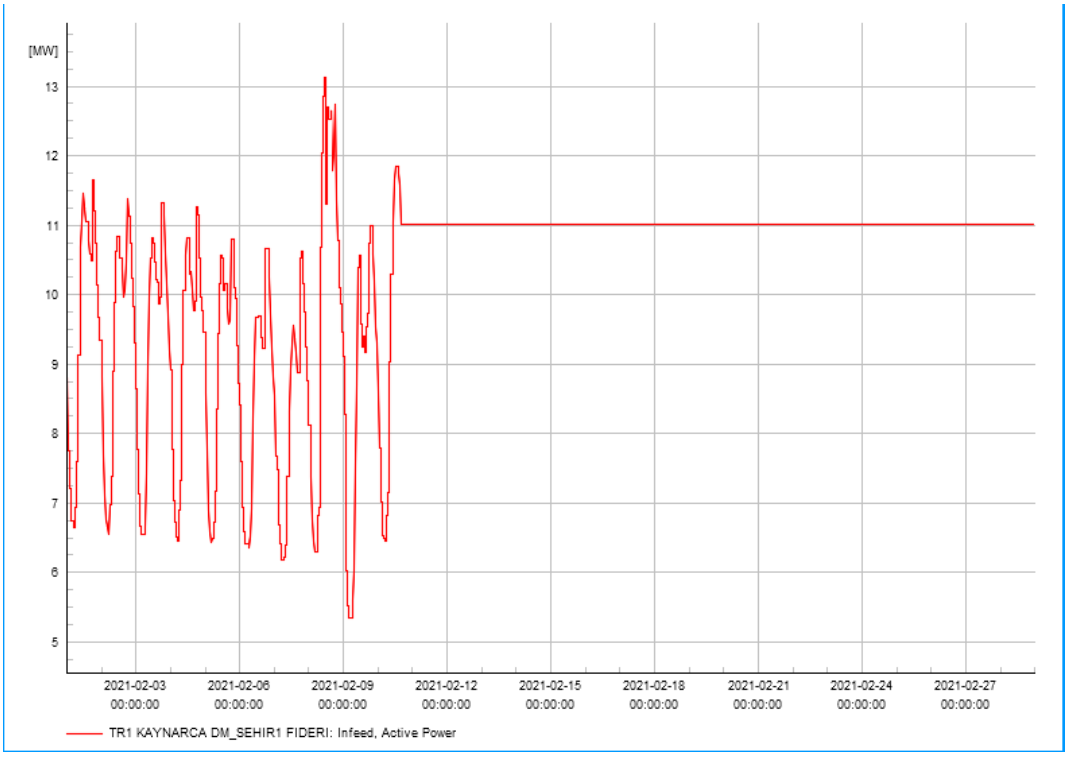
Şekil 4.6 Şehir1 fideri maksimum yüklenmede gerilim

Şekil 4.6'da Şehir1 fiderinin maksimum yüklenme durumunda değişen gerilim değer diyagramı gösterilmiştir.



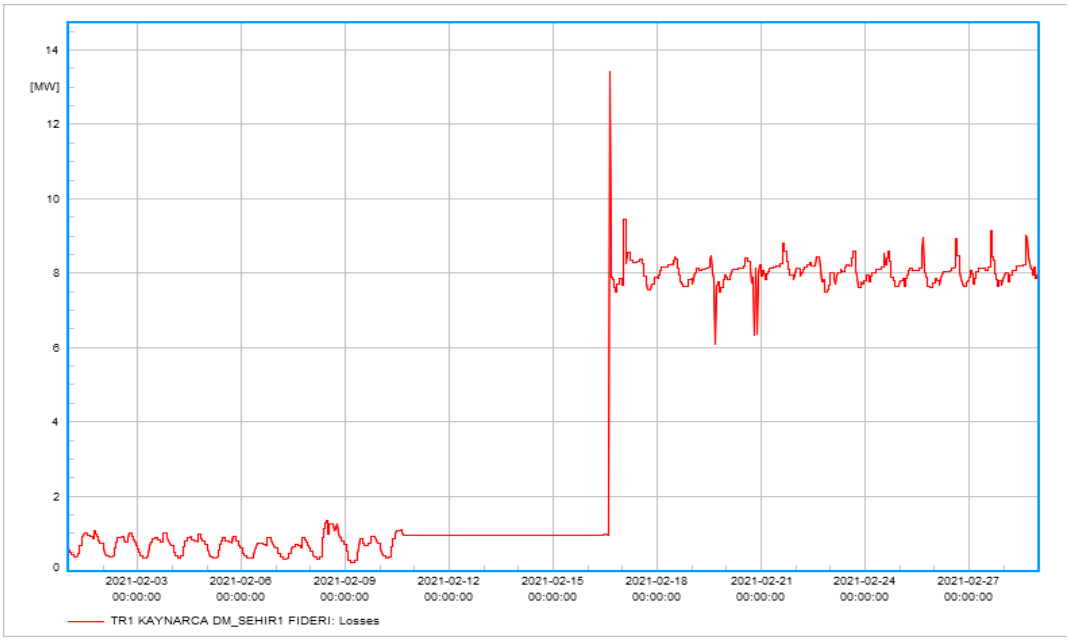
Şekil 4.7 Şehir1 fideri minimum yüklenmede gerilim

Şekil 4.7'de Şehir1 fiderinin minimum yüklenme durumunda gerilim değişim diyagramı gösterilmiştir.



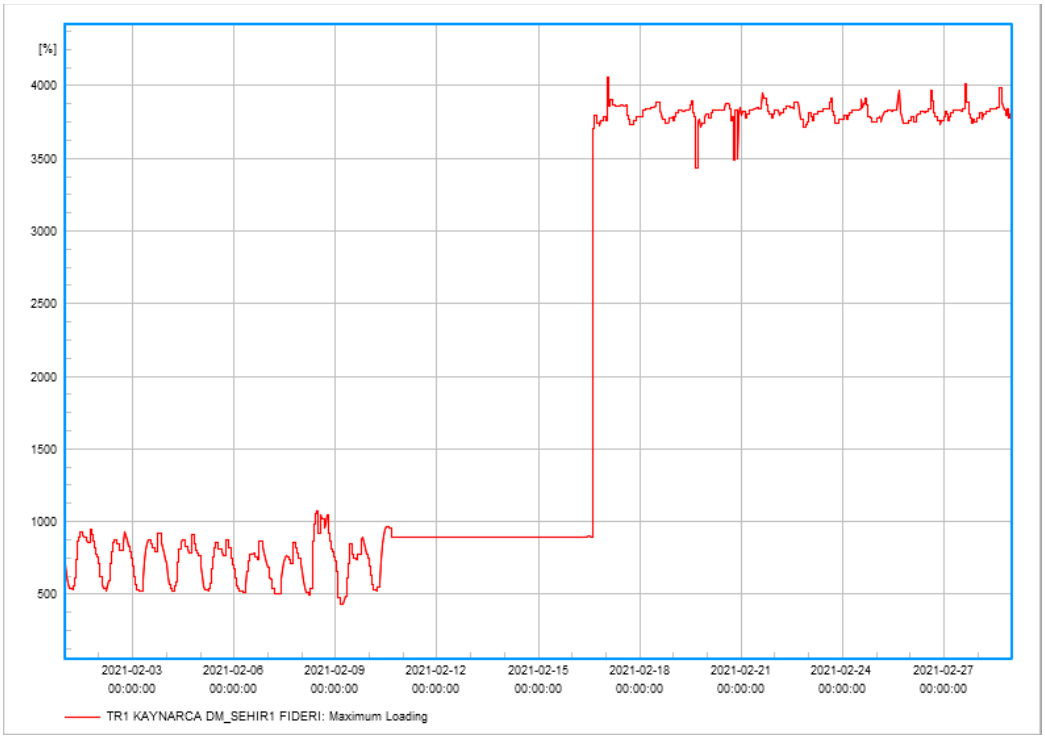
Şekil 4.8 Şehir1 fideri şubat ayı maksimum yüklenmede aktif güç

Şekil 4.8'de Şehir1 fiderinin şubat ayında maksimum yüklenme durumunda aktif güç değişim diyagramı gösterilmiştir.



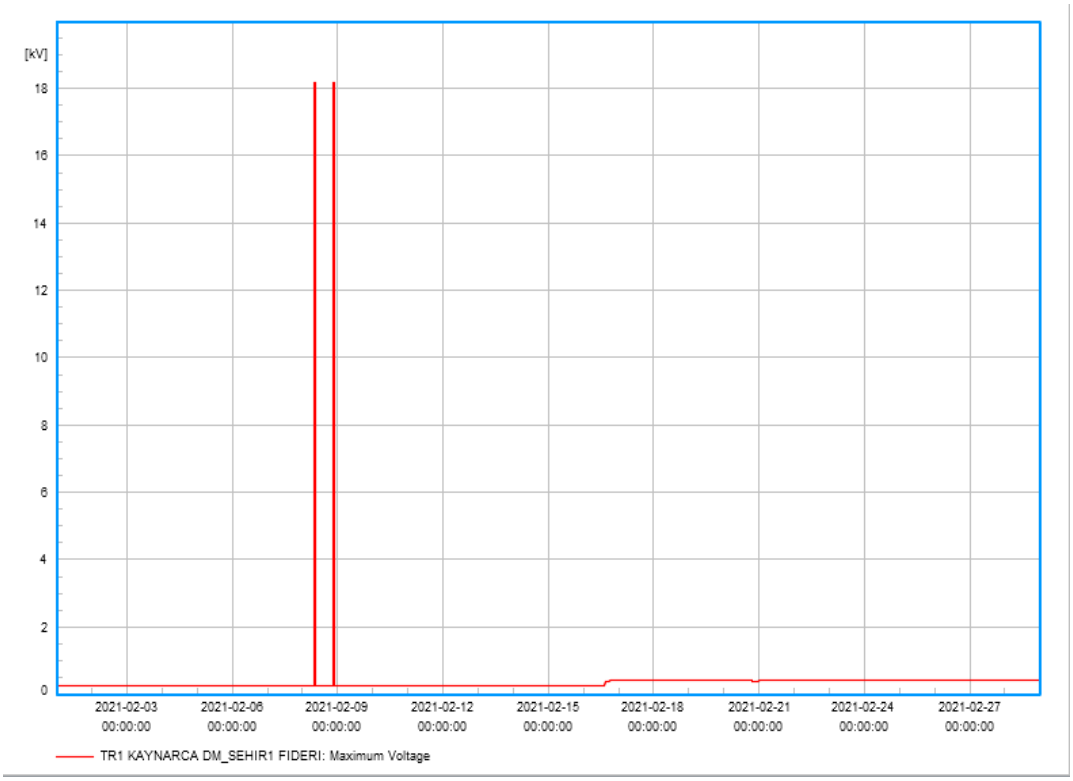
Şekil 4.9 Şehir1 fideri şubat ayı maksimum yüklenmede kayıplar

Şekil 4.9'da Şehir1 fiderinin şubat ayında maksimum yüklenme durumunda kayıplar değişim diyagramı gösterilmiştir.



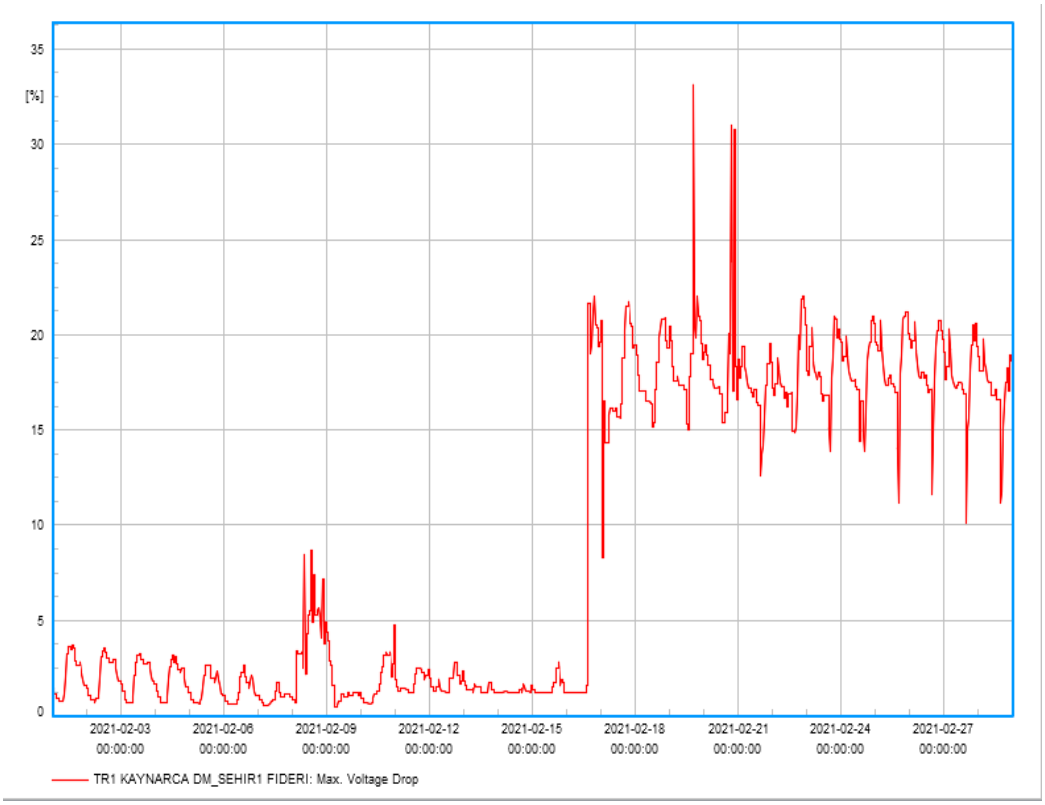
Şekil 4.10 Şehir1 fideri şubat ayı maksimum yüklenme

Şekil 4.10'da Şehir1 fiderinin şubat ayında maksimum yüklenme durumuna ait değişim diyagramı gösterilmiştir.



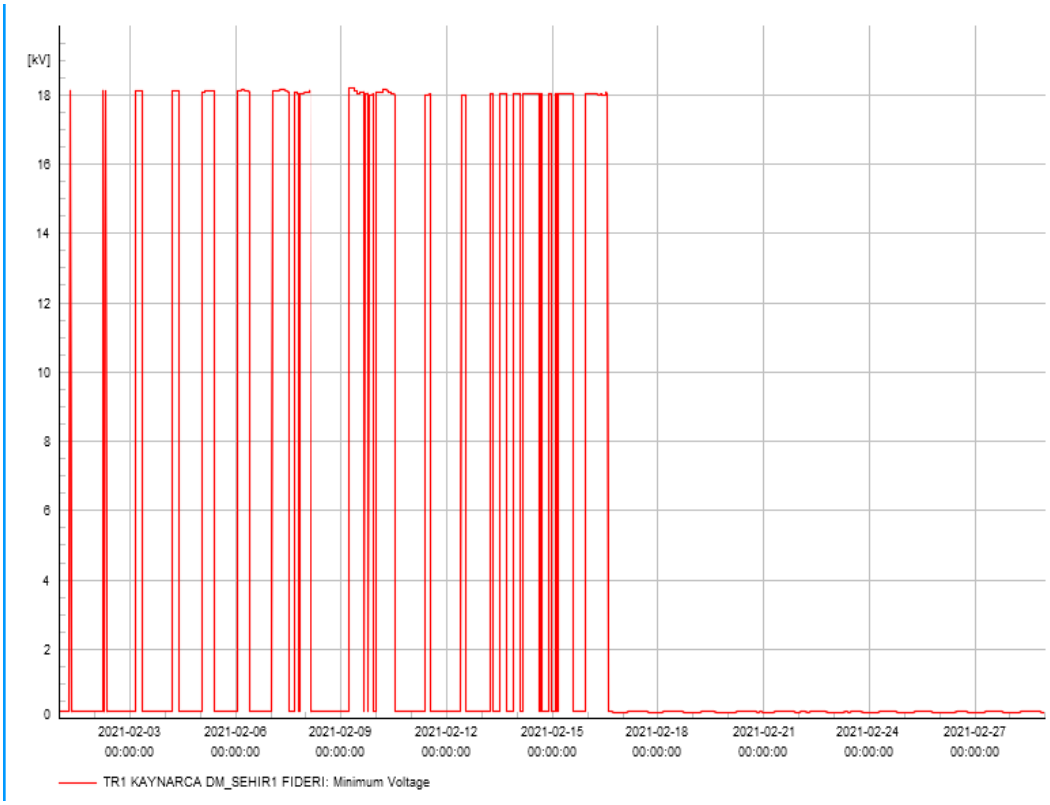
Şekil 4.11 Şehir1 fideri şubat ayı maksimum yüklenmede maksimum gerilim

Şekil 4.11'de Şehir1 fiderinin şubat ayında maksimum yüklenme durumunda maksimum gerilim değişim diyagramı gösterilmiştir.



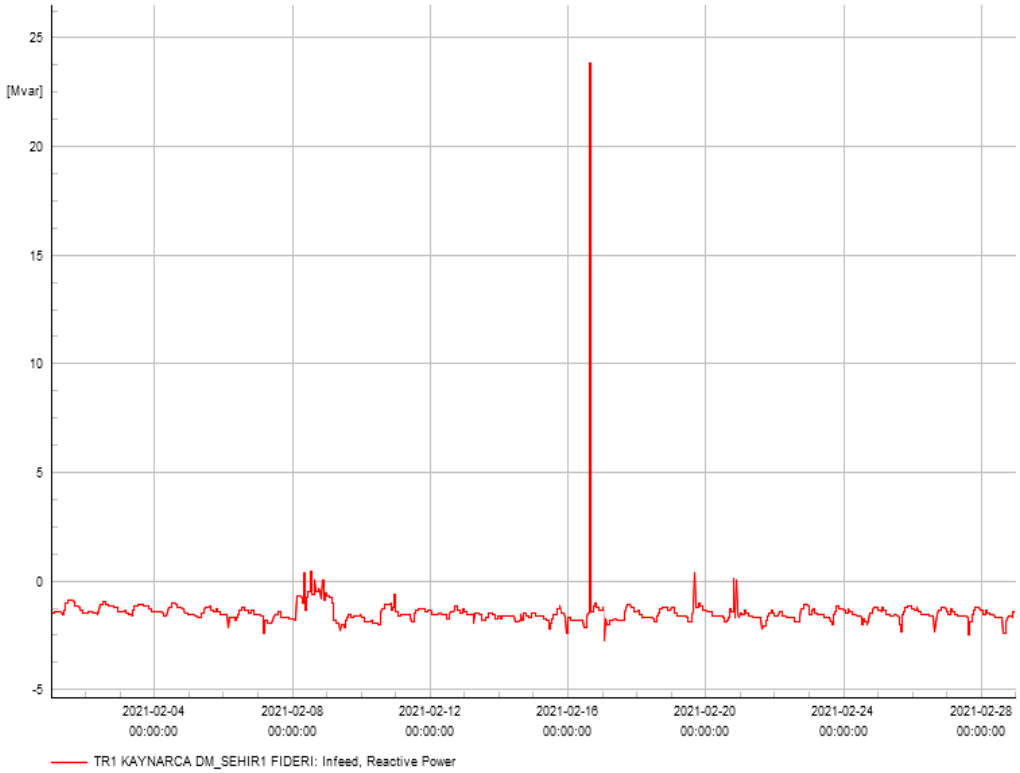
Şekil 4.12 Şehir1 fideri şubat ayı maksimum yüklenmede gerilim düşümü

Şekil 4.12'de Şehir1 fiderinin şubat ayında maksimum yüklenme durumunda gerilim düşümü değişim diyagramı gösterilmiştir.



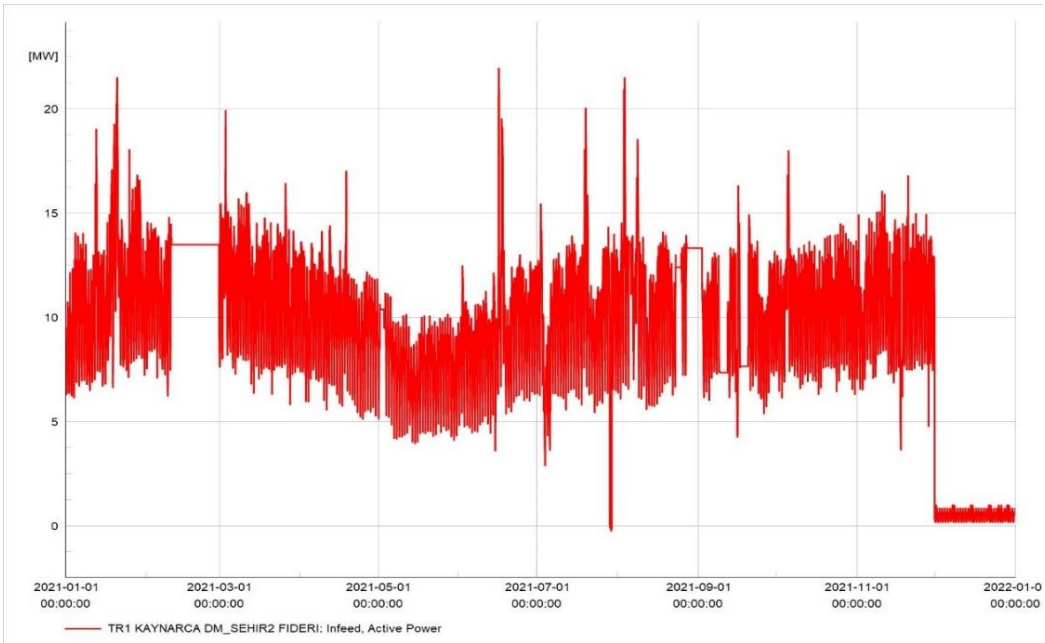
Şekil 4.13 Şehir1 fideri şubat ayı maksimum yüklenmede minimum gerilim

Şekil 4.13'te Şehir1 fiderinin şubat ayında maksimum yüklenme durumunda minimum gerilim değişim diyagramı gösterilmiştir.



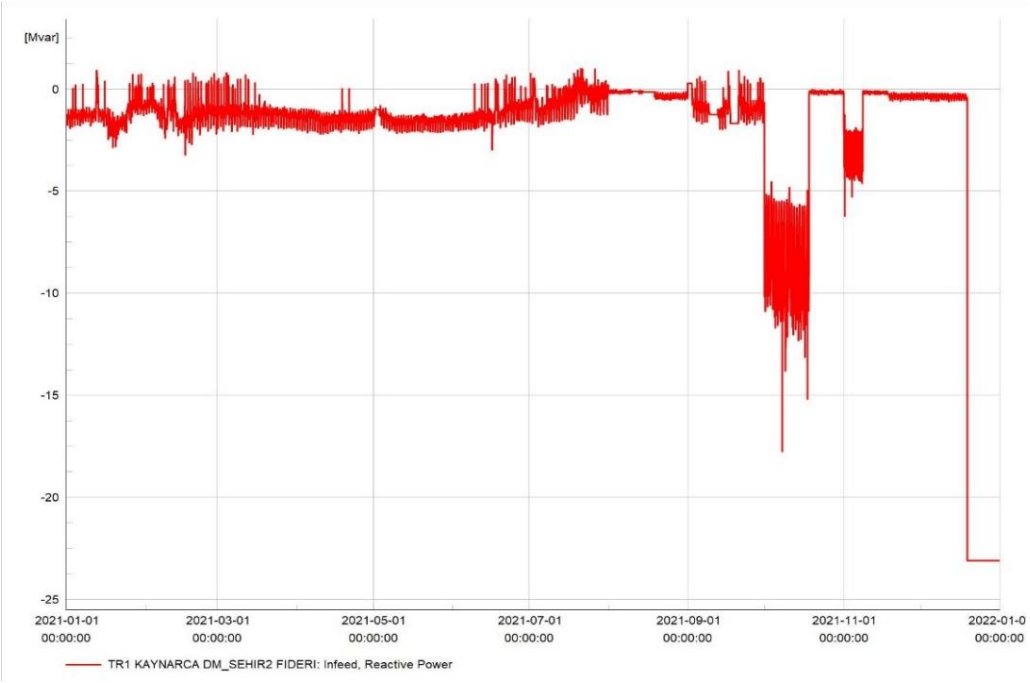
Şekil 4.14 Şehir1 fideri şubat ayı maksimum yüklenmede reaktif güç

Şekil 4.14'te Şehir1 fiderinin şubat ayında maksimum yüklenme durumunda reaktif güç değişim diyagramı gösterilmiştir.



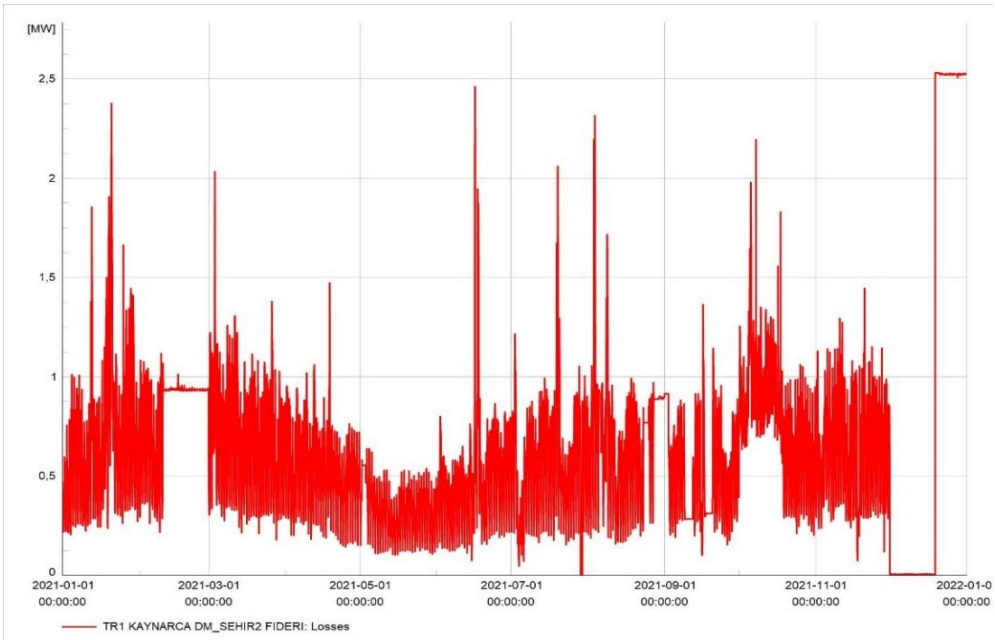
Şekil 4.15 Şehir2 fideri aktif güç

Şekil 4.15'te Şehir2 fiderinin aktif güç değişim diyagramı gösterilmiştir.



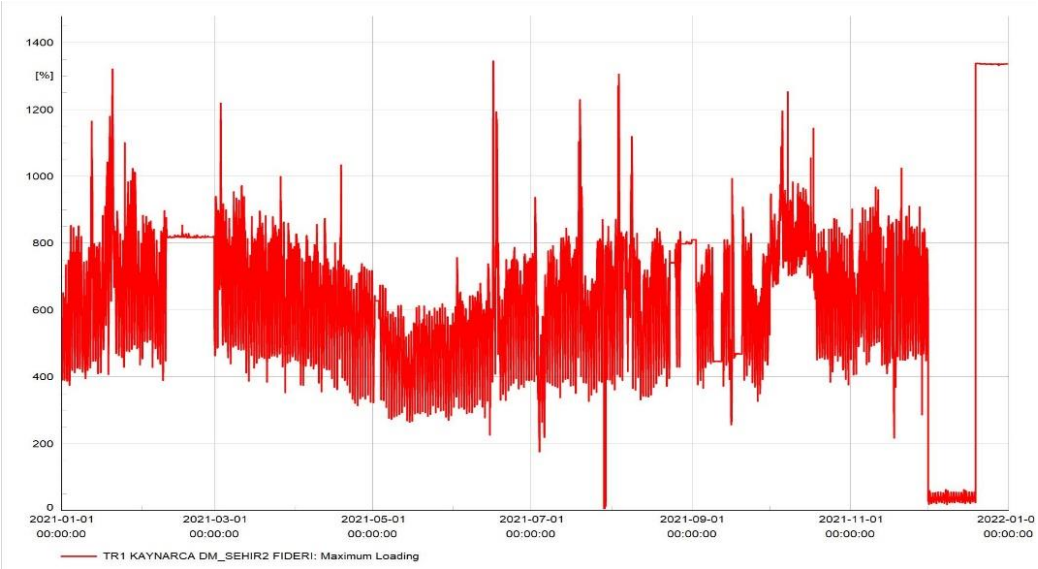
Şekil 4.16 Şehir2 fideri reaktif güç

Şekil 4.16'da Şehir2 fiderinin reaktif güç değişim diyagramı gösterilmiştir.



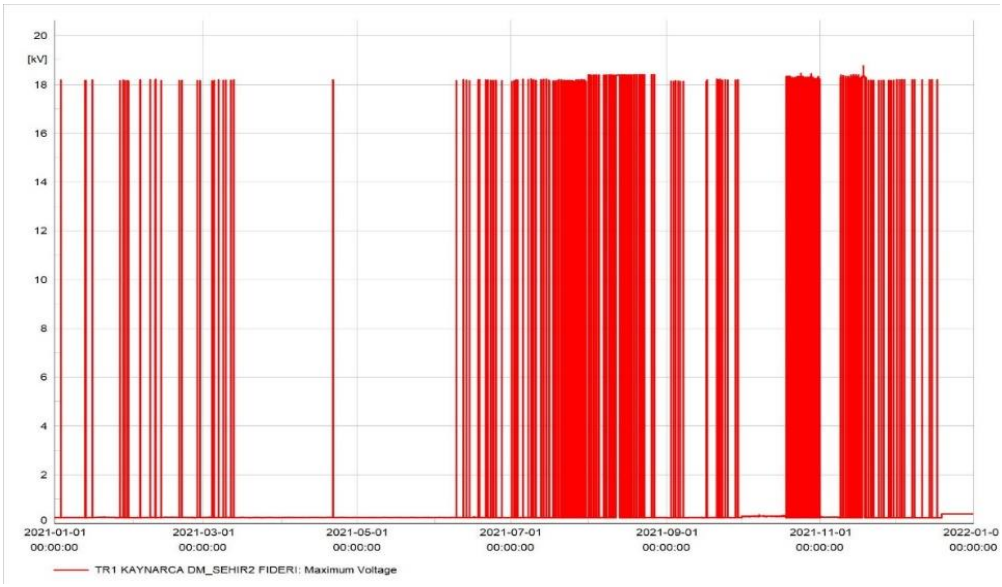
Şekil 4.87 Şehir2 fideri kayıplar

Şekil 4.17'de Şehir2 fiderine ait kayıp değerleri gösterilmiştir.



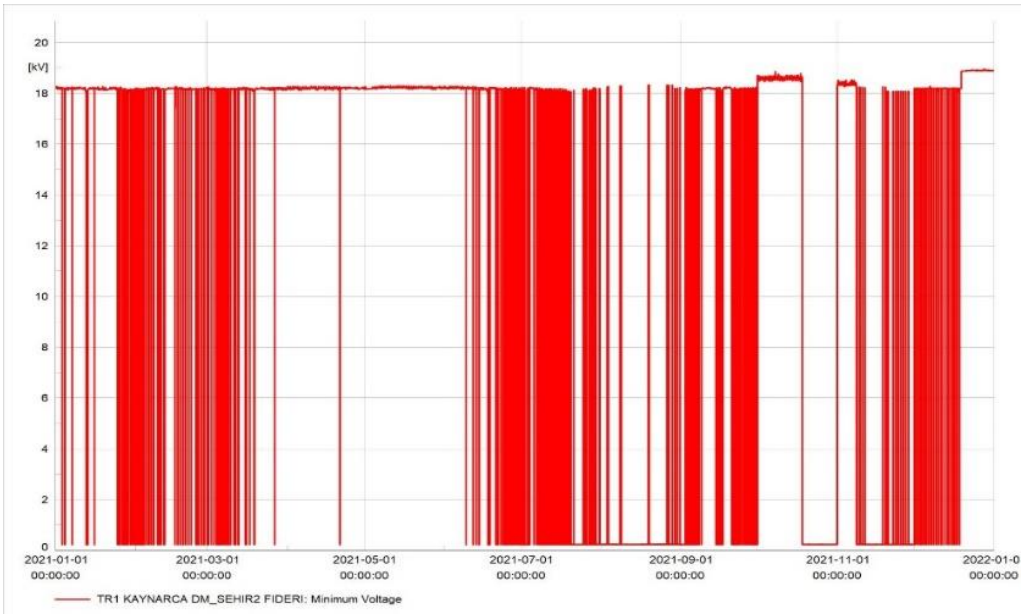
Şekil 4.9 Şehir2 fideri maksimum yüklenme

OSOS kayıtlarına göre Şehir2 fiderinin maksimum yüklenmesinin haziran ayında gerçekleştiği anlaşılmıştır (Şekil 4.18).



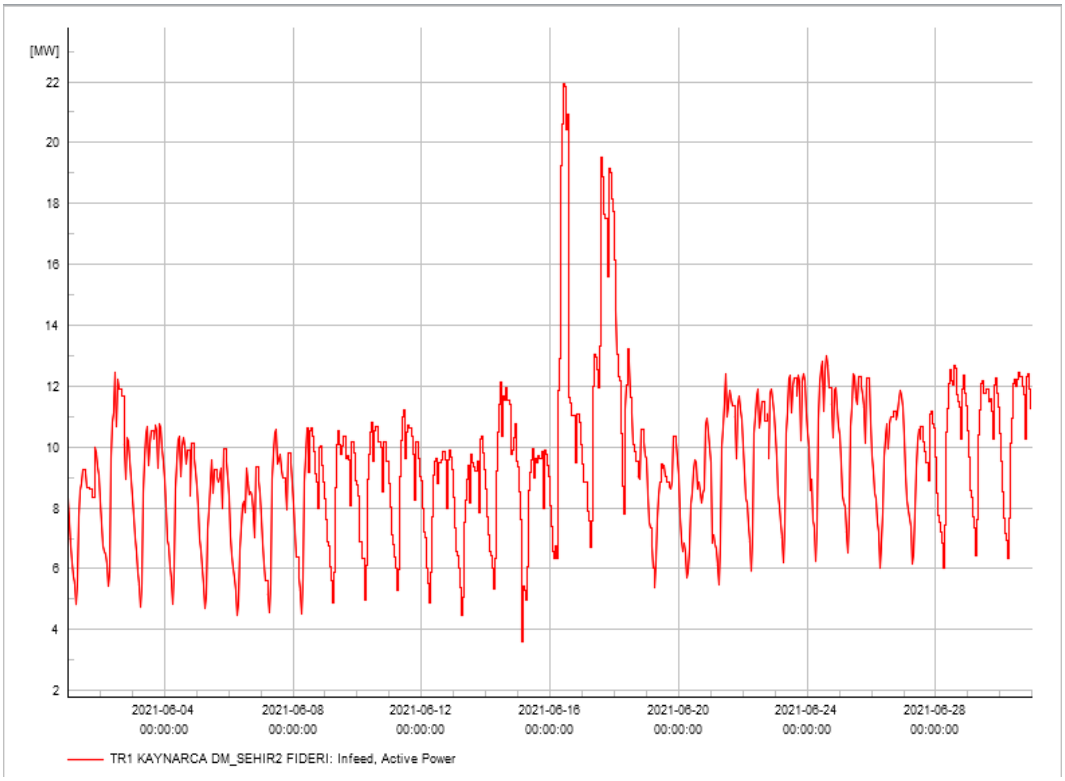
Şekil 4.10 Şehir2 fideri maksimum gerilim

Şekil 4.19'da Şehir2 fiderinin maksimum gerilim diyagramı gösterilmiştir.



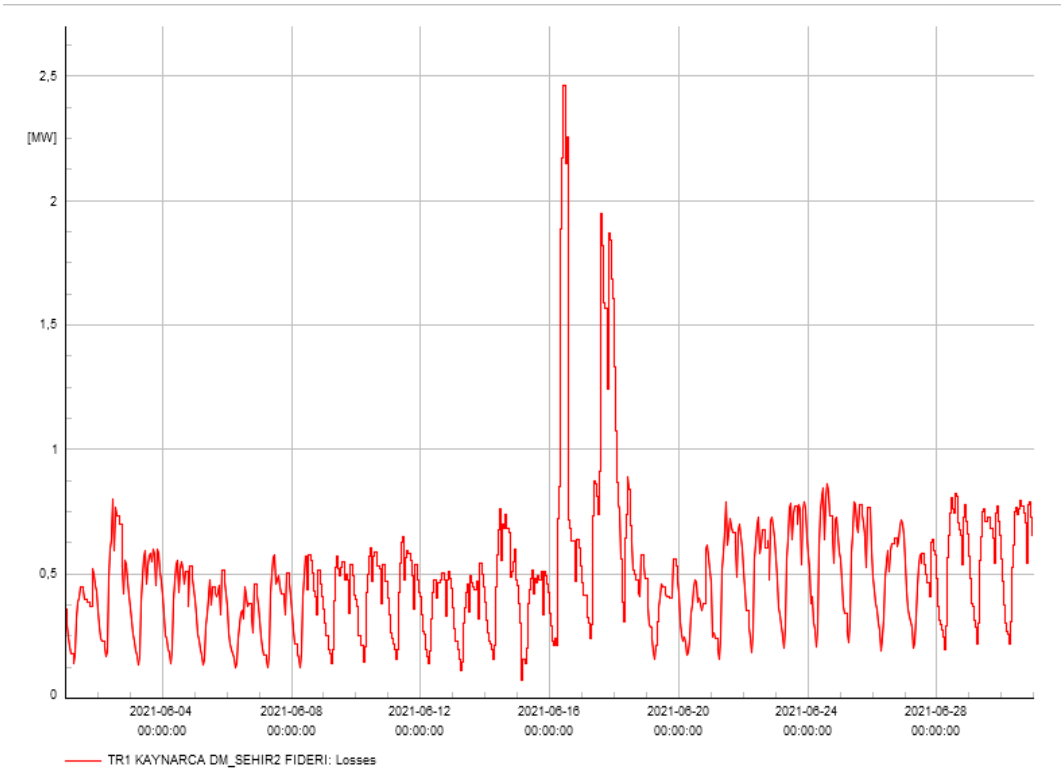
Şekil 4.11 Şehir2 fideri minimum gerilim

Şekil 4.20'de Şehir2 fiderinin minimum gerilim diyagramı gösterilmiştir.



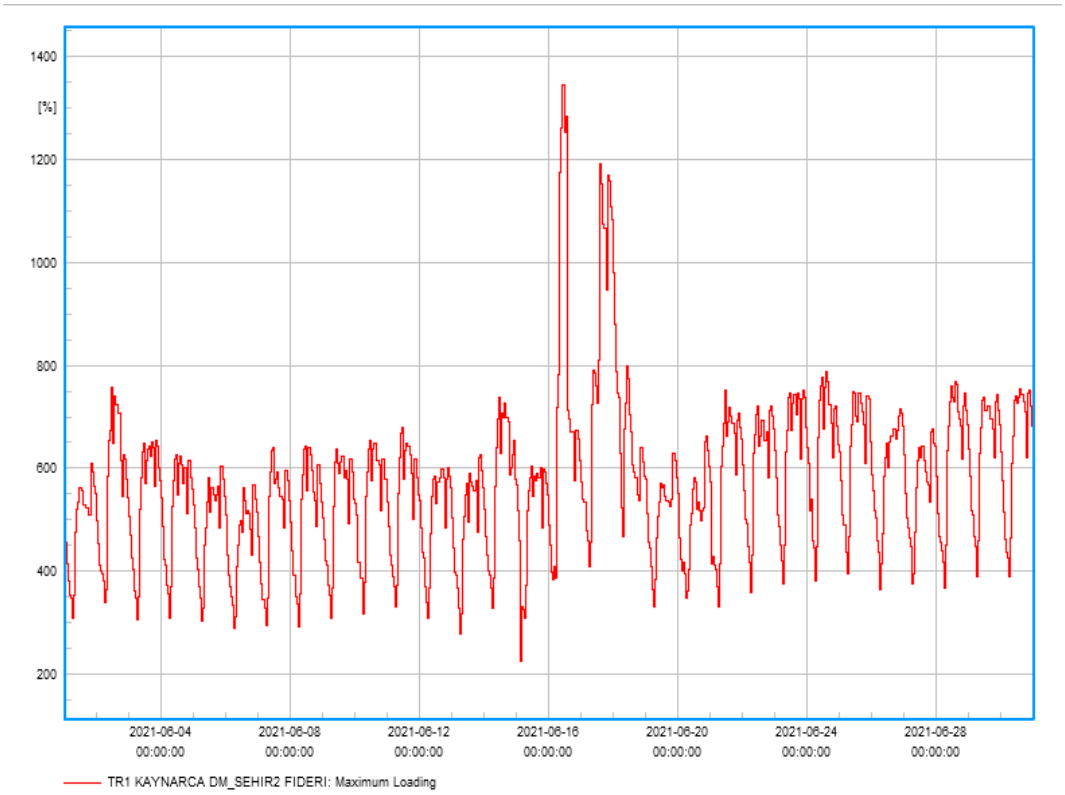
Şekil 4.12 Şehir2 fideri haziran ayı maksimum yüklenmede aktif güç

Şekil 4.21'de Şehir2 fiderinin haziran ayı maksimum yüklenme durumunda aktif güç değişim diyagramı gösterilmiştir.



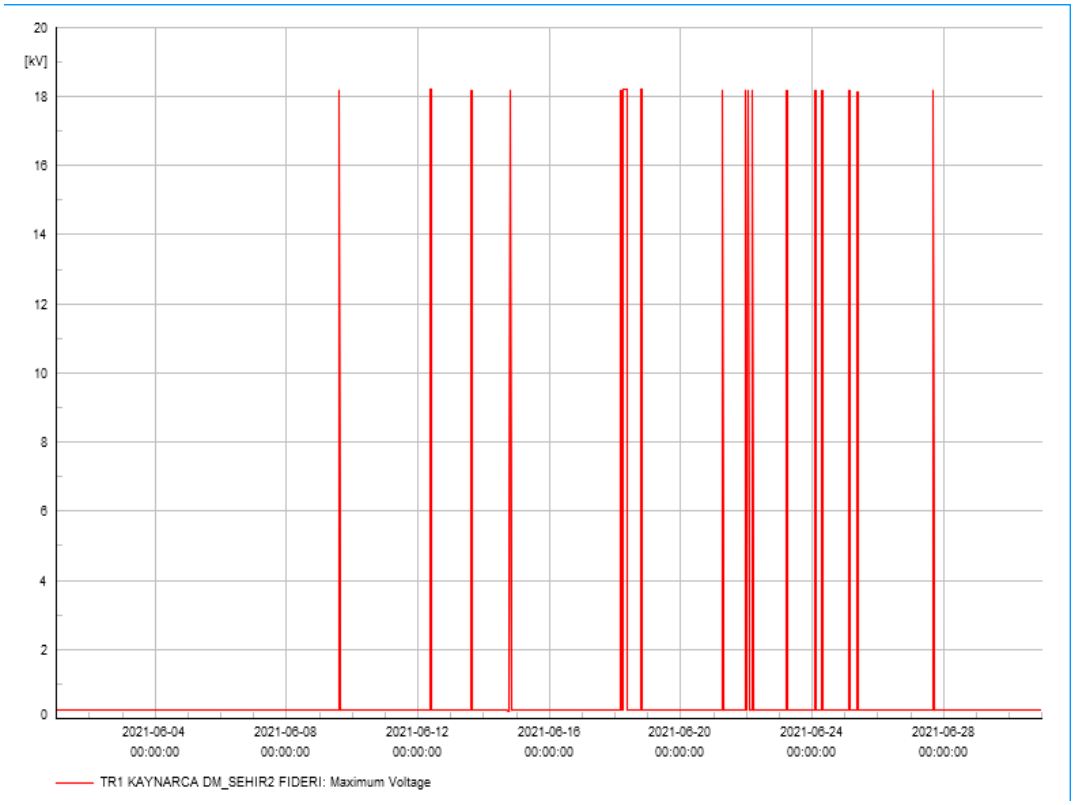
Şekil 4.13 Şehir2 fideri haziran ayı maksimum yüklenmede kayıplar

Şekil 4.22'de Şehir2 fiderinin haziran ayı maksimum yüklenme durumunda kayıplara ait değişim diyagramı gösterilmiştir.



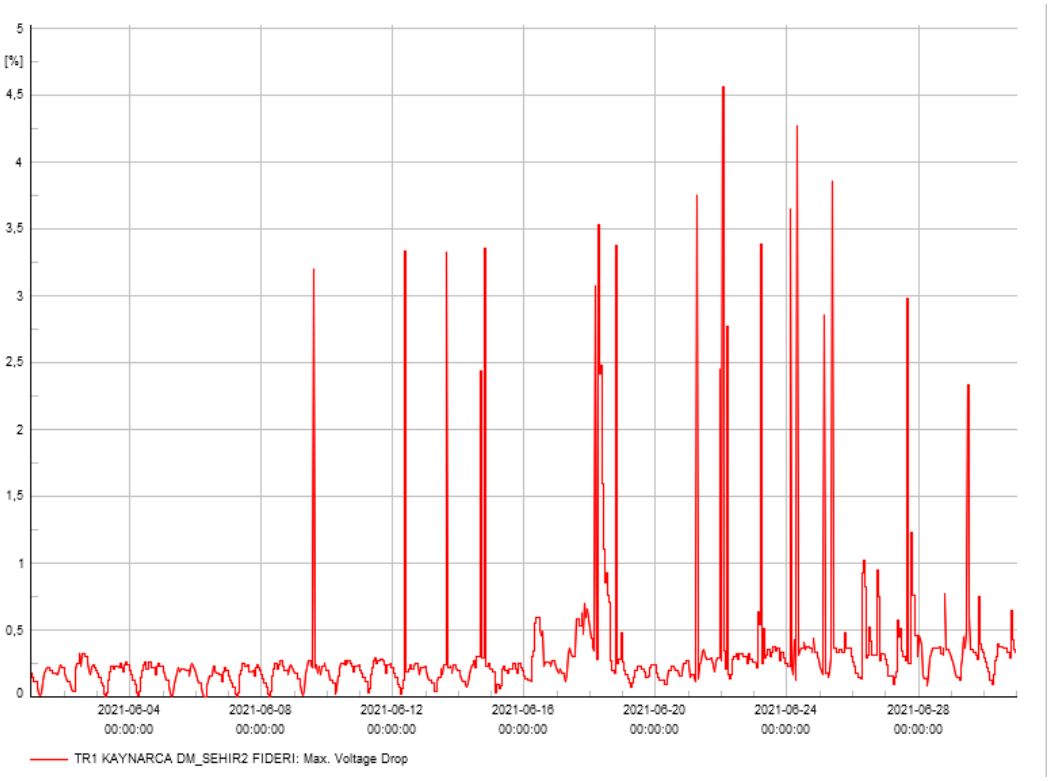
Şekil 4.14 Şehir2 fideri haziran ayı maksimum yüklenme

Şekil 4.23'te Şehir2 fiderinin haziran ayı maksimum yüklenme durumuna ait değişim diyagramı gösterilmiştir.



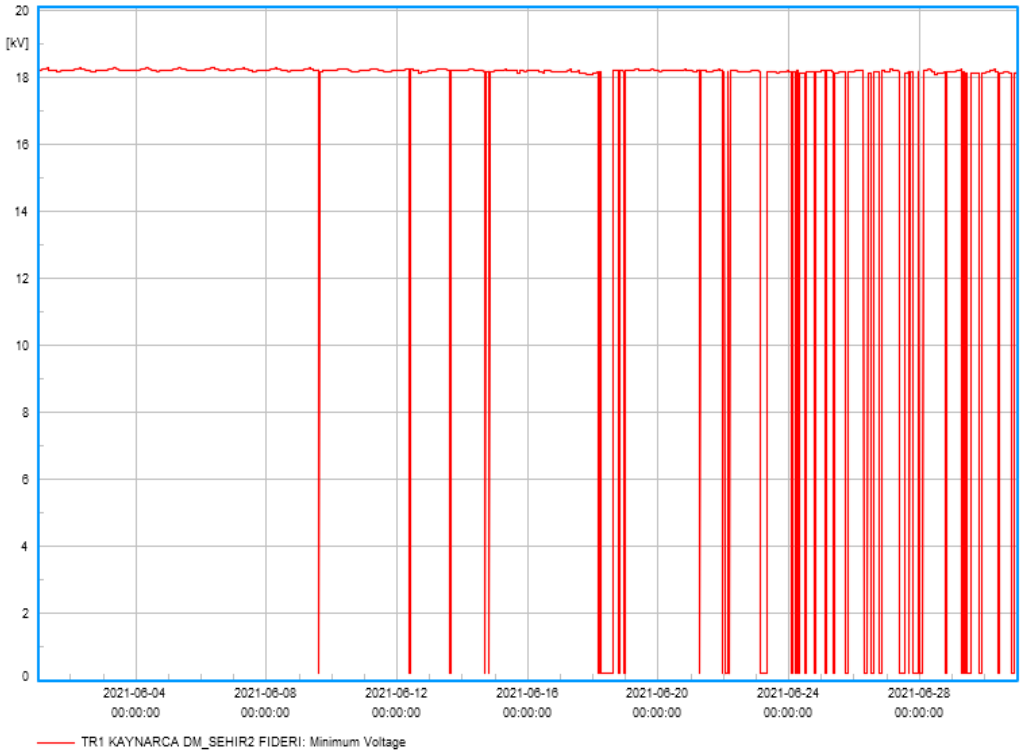
Şekil 4.15 Şehir2 fideri haziran ayı maksimum yüklenmede maksimum gerilim

Şekil 4.24'te Şehir2 fiderinin haziran ayı maksimum yüklenme durumunda maksimum gerilim değişim diyagramı gösterilmiştir.



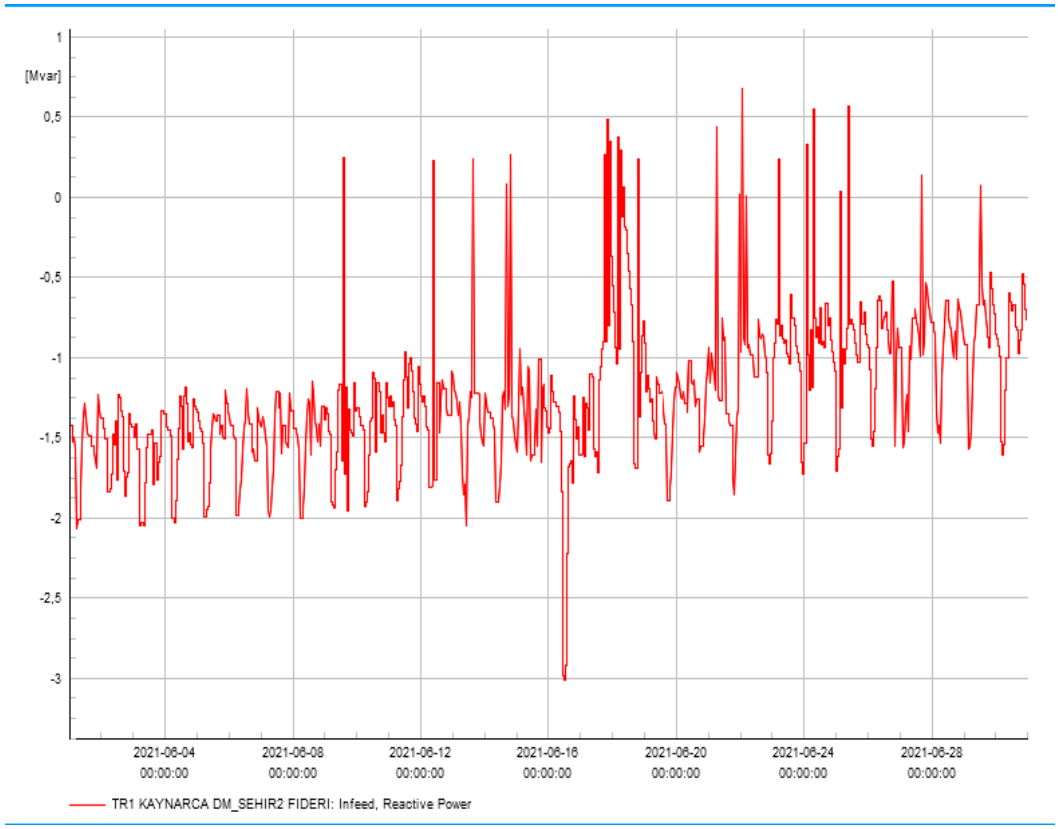
Şekil 4.16 Şehir2 fideri haziran ayı maksimum yüklenmede gerilim düşümü

Şekil 4.25'te Şehir2 fiderinin haziran ayı maksimum yüklenme durumunda gerilim düşümü değişim diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 4.17 Şehir2 fideri haziran ayı maksimum yüklenmede minimum gerilim

Şekil 4.26'da Şehir2 fiderinin haziran ayı maksimum yüklenme durumunda minimum gerilim değişim diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 4.18 Şehir2 fideri haziran ayı maksimum yüklenmede reaktif güç

Şekil 4.27'de Şehir2 fiderinin haziran ayı maksimum yüklenme durumunda reaktif güç değişim diyagramı gösterilmiştir.

4.2 Kritik Müşteriler Dağıtık Üretim Santralleri Eylem Planı

Bu kısımda, dağıtım şebekelerinin acil durumlarda şebekeye bağlı dağıtık üretim santrallerin mikro şebeke modun da dağıtım şebekesini enerjilendirmeye yönelik eylem planını içermektedir. Dağıtık üretim santralleri; Kayadibi HES, Kirazlıköprü HES ve Çaybükü GES' tir.

4.2.1 Planlama aşaması

Dağıtık üretim santrallerinin şebekeyi besleme planında ilk olarak, dağıtım şebekesinde uzun süreli ve kalıcı bir arızanın olması esastır. Arıza sonrası dağıtım şirketlerinin arızanın nedeninin tespit edilmesi için planlama yapması gerekir. Bu süre 4 saat olarak belirlenmiştir. 4 saati aşan kesintilerde dağıtık üretim santrallerinin devreye girmesi sağlanmalıdır. Dağıtık üretim santrallerinin toplam manevra süresi 4 saati bulmaktadır. Şekil 4.28'de manevra sürecine ait diyagram gösterilmiştir. Üretim santrallerinin manevra süresi, dağıtım şirketlerinin uzaktan kontrol yapamadığı durumlar için 4 saat olarak belirlenmiştir. Uzaktan kontrol durumlarında süre kısaltılabilir.



Şekil 4.19 Durum sıralaması

4.2.2 Kritik müşteri fiderlerinin şebekeden izolasyonu aşaması

Dağıtım şirketleri ile dağıtık üretim santralleri arasında arızanın uzun süreli olacağı kanaat getirildiği taktirde dağıtık üretim santralleri gerekli manevraların yapılmasının ardından kritik müşterilerin bulunduğu fiderin enerjilendirilmesi sağlanır. Çizelge 4.3'te belirlenen Şehir1 ve Şehir2 fiderlerinin manevra sıraları gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Şehir1 ve şehir2 fiderlerinin manevra sıralamaları

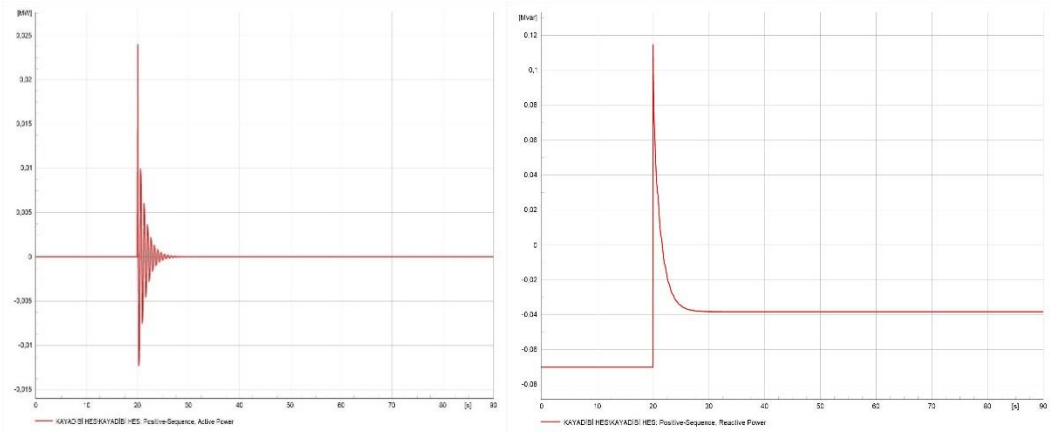
NO	TRAFO MERKEZLERİ	DURUM
1	BARTIN 2 TM	AÇMA
2	KAYADİBİ HES	KAPAMA
3	KİRAZLIKÖPRÜ HES	KAPAMA
4	TR 1 KAYNARCA DAĞITIM MERKEZİ	KAPAMA
5	AKÇALI DM	KAPAMA
6	KOZCAĞIZ DM	AÇMA
7	ÇAYBÜKÜ GES	KAPAMA
8	TR 28 DOST KENT	AÇMA
9	TR 11/10 ERKAM YAPI	AÇMA
10	DM11	AÇMA
11	İM 2 HENDEKYANI	AÇMA
12	DM 5 DEVLET HASTENESİ ALTI	KAPAMA
13	BARTIN DEVLET HASTANESİ	KAPAMA
14	İM 1	AÇMA
15	TR 1/20 STADYUM KÖK	AÇMA
16	TR 1/21 FİDANLIK KÖK	AÇMA
17	TR 1/22 ERKEK SANAT	AÇMA
18	KRİTİK2	KAPAMA
19	TR 1/25 KADİRİN BENZİNLİĞİ	AÇMA
20	KRİTİK1	KAPAMA
21	TR 9/11 ESKİ KAMYONCULAR KOOP. YAN	AÇMA
22	TR 9/10 ABAYLAR YANI	AÇMA
23	TR 9/2 DEMİRKAN PETROL ARKASI	AÇMA
24	ŞİREMIR CAVUŞ SU	AÇMA
25	ARMER	AÇMA
26	SABRİ ÇAVUŞOĞLU	AÇMA
27	GECEN KÖYÜ_TRP151	AÇMA
28	KRİTİK1 LOJMAN	AÇMA
29	GEÇEN KÖYÜ_TRP152	AÇMA
30	GECEN KÖYÜ_TRP195	AÇMA
31	ACİL 112	KAPAMA
32	EN MODA	AÇMA

4.2.3 Üretim santralin devreye alınması aşaması

Kritik müşterilerin şebekeden izolasyonu sonrasında bölgede bulunan 3 dağıtık üretim santrallerinden black start yapabilen herhangi bir santral devreye girmelidir. Black-start yapabilen santralin gerekli iç ihtiyacını karşılayabilmesi için dizel jeneratör olması gerekir.

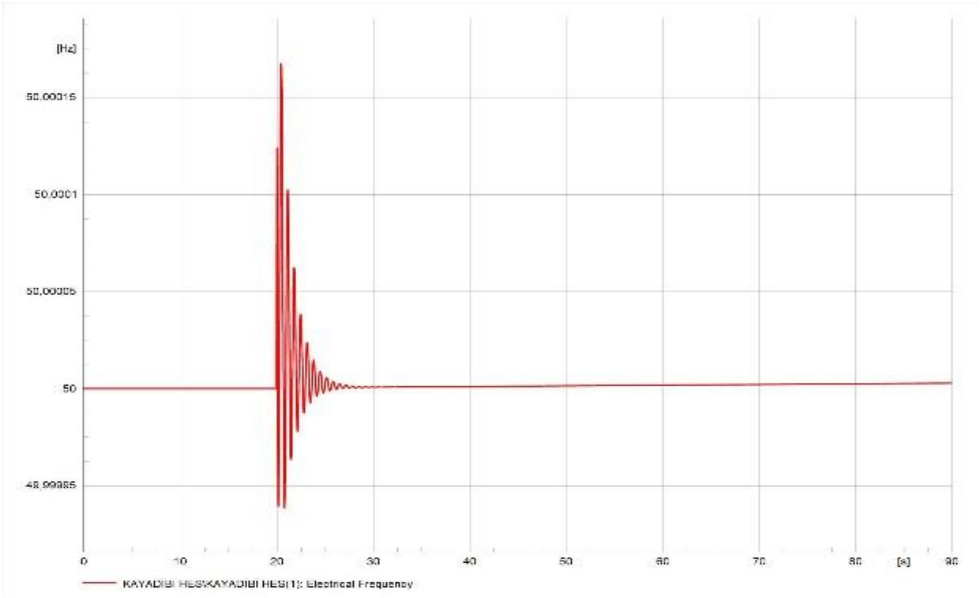
Yapılan araştırmada, Bartın ilinde üç üretim santralinde black-start özelliği yoktur. Kayadibi HES dağıtık üretim tesisin envanterleri black-start özelliğine uygundur. Bu tez çalışmasında black-start özelliği varmış gibi modelleme yapılmıştır. Üretim santralinin devreye alınmasında, AVR ve hız regülatörünün gerekli set değerleri ayarlanmalıdır.

Seçilen fider örneğinde, dizel jeneratörü çalıştırıldıktan sonra, iç ihtiyaca enerji verilir. Daha sonra türbin ikazlanarak senkron hız değerine getirilir ve belirlenen fiderlere enerji verilir.



Şekil 4.20 Kayadibi hes aktif güç-reaktif güç değişimi

Şekil 4.29'da Kayadibi Hes üretim santraline ait aktif ve reaktif güç değişim diyagramları gösterilmiştir.

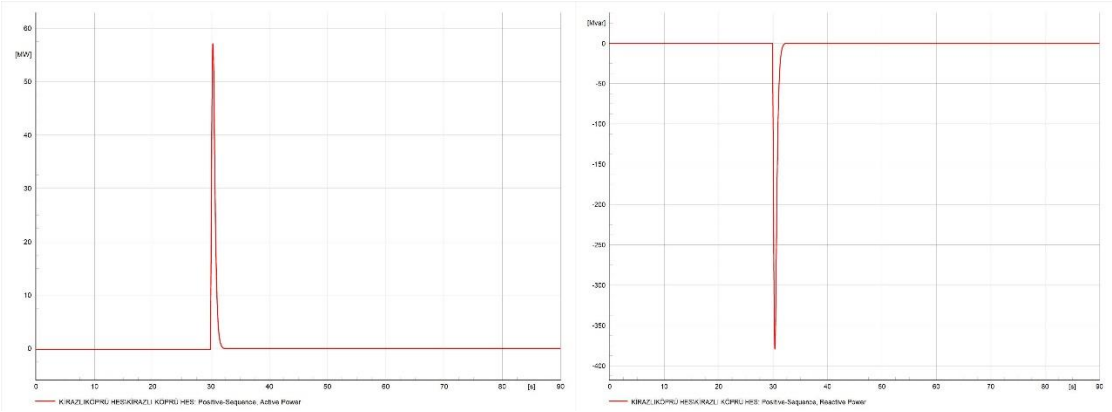


Şekil 4.21 Kayadibi hes frekans değişimi

Şekil 4.30'da Kayadibi Hes üretim santraline ait frekans değişim diyagramı gösterilmiştir.

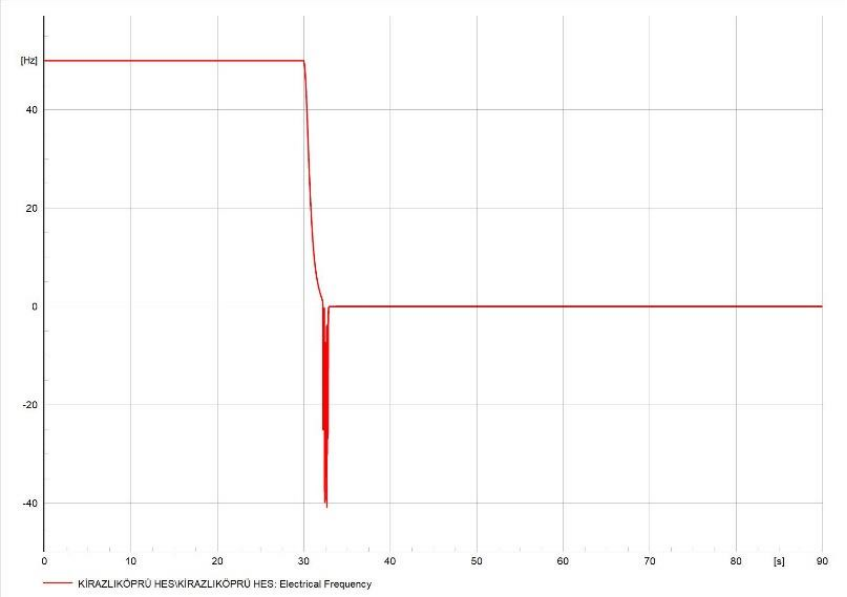
4.2.4 Kirazlıköprü dağıtık üretim santralinin devreye alınma aşaması

Kayadibi Hes'in black-start ile devreye alınması ile birlikte Kirazlıköprü Hes üretim santrali tüketilen enerjinin arttırılmasına katkı sağlayabilmek için devreye alınır. Bu araştırmada, Kirazlıköprü Hes üretim santralinin devreye alınmasındaki gerekli şartlar incelenmeyecektir.



Şekil 4.22 Kirazlıköprü hes aktif güç-reaktif güç değişimi

Şekil 4.31'de Kirazlıköprü Hes üretim santraline ait aktif ve reaktif güç değişim diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 4.23 Kirazlıköprü hes frekans değişimi

Şekil 4.32'de Kirazlıköprü Hes üretim santraline ait frekans değişim diyagramı gösterilmiştir.

4.2.5 Dağıtık üretim santralleri ile kritik müşterilerin bulunduğu fiderlerin enerjilendirme aşaması

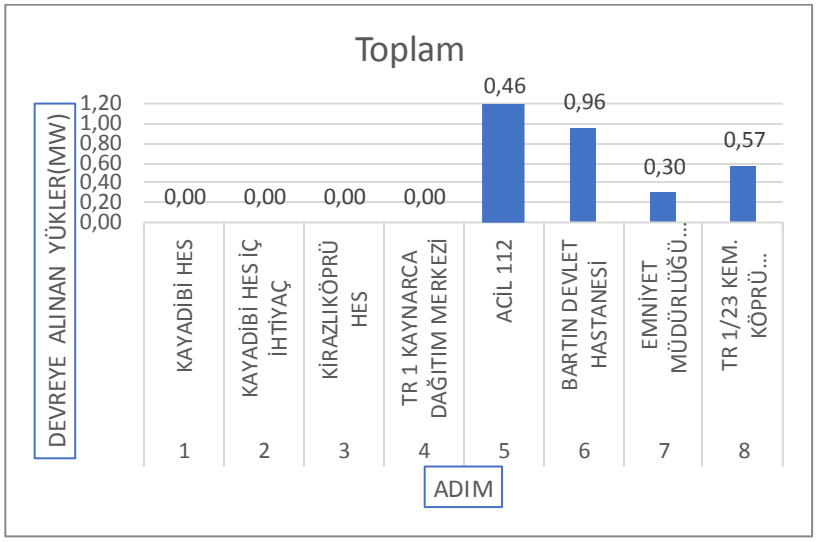
Kritik Müşterilerin bulunduğu Şehir1 ve Şehir2 fiderleri, ilk olarak dağıtık üretim santrallerinden Kayadibi HES üzerinden enerijlendirilmiştir. Daha sonra Kirazlıköprü HES devreye alınmıtır. Yapılan modelleme sıralaması Çizelge 4.1' de gösterilmiştir.

Kayadibi HES' in şebekeyi enerjilendirmesi ile birlikte adım adım hız regülatörü ile frekans, otomatik voltaj regülatörü ile gerilim kontrolü sağlanmalıdır.

Kayadibi HES üretim santralinin enerjilendirilmesinden sonra Kirazlıköprü Hes, Şehir1 ve Şehir2 Fiderlerinin devreye alınması ile, çekilen yük miktarı 2,43 MW'tır. Kritik

müşterilerin toplam gücü, dağıtık üretim santralinin üretmiş olduğu gücü geçmemelidir. Kritik müşterilerin toplam gücü 2,31 MW' tır.

Çizelge 4.4 Toplam yük dağılımı



Çizelge 4.4'te toplam yük dağılım grafiği gösterilmiştir.

4.2.6 Bartın 2 TM' nin enterkonnekte şebekeye bağlanması için dağıtık üretim santrallerinin devreden çıkma aşaması

Enterkonnekte sisteme TEİAŞ' ın tekrar bağlanarak üretim santrallerinin devreden çıkması gerekir. Sistemin tekrar rewarse olması yani tersten işlem yapması durumunda;

1. Adım: Kirazlıköprü HES sonrasında Kayadibi HES devreden çıkarılır.

2. Adım: Santrallerin AVR değerleri eski şebeke sistemine set edilir.

3. Adım: Şehir-1 ve Şehir-2 Fiderleri manevralar ile şebekeye aktarılır.

4. Adım: Bartın 2 TM' nin şebeke enerjilendirilmesini yapar.

Daha sonra dağıtım şebekesi bazlı üretim santralleri devreye alınabilir.

4.3 Model Tasarım Raporu

İzole ada(mikro şebeke) modu çalışma şartları şebekeye bağlı olarak(on grid) çalışma şartlarından önemli farklılıklar gösterir. Dağıtım şebekesine bağlı çalışma şartlarında üretim santralinin temel şebeke parametreleri olan gerilim ve frekans yüklenmelere verdiği tepkiler ile izole ada modundaki yüklenme şartlarının verdiği tepkiler birbirinden çok farklıdır. Özellikle izole ada modu şartlarında, ünite tarafından enerjilendirilen izole adanın dağıtım şebekesi temel parametreleri (gerilim ve frekans) direkt olarak ünitenin bahse konu parametrelerdeki farklılıklara verdiği dinamik tepkiyle bağlantılıdır.

Çalışmanın bu aşamasında, inceleme yapılan bölge üzerindeki üretim santrallerinin ada besleme şartlarındaki dinamik tepkileri simülasyon ile analiz edilmiştir.

Modelleme kapsamında dağıtım şebekesinin topolojisi, ikaz sistemi, generatör, hız regülatörü modelleri oluşturulmuştur. Analiz sonucunda izole adanın enerjilendireceği senkron generatörlerin dinamik bileşenleri örneğin; AVR-ikaz sistemi, hız regülatörü gibi bu karakteristiklerin birbirleri ile bağlantısını sağlayan Digsilent Power Factory yazılımında bahse konu yapılar modellenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada enterkonnekte sisteminin çökmesi durumunda Bartın ilinde bulunan dağıtık üretim tesislerinin dağıtım şebekesine entegrasyon sağlanarak acil (kritik) kullanıcıların enerjilendirilmesi amaçlanmıştır. Türkiye de enterkonnekte sistemin 31.03.2015 tarihinde tam bilinemeyen nedenlerden dolayı çökmesiyle Türkiye 10 saatlik bir elektrik kesintisiyle karşı karşıya kalmıştı. Yeniden böyle bir durumla karşılaşılması halinde ya da iletim sisteminde deprem/doğal afet gibi olumsuz durumlardan kaynaklı kesintiler yaşanması durumunda Bartın ilinin şebekeden bağımsız (off-grid) ivedi olarak dağıtık üretim tesislerinden elektrik enerjisi aktarılarak beslemesi ve dağıtık üretim tesislerinin kurulu gücünün yeterli olmaması durumunda öncelikli bölgelere tesis edilmesi gereken dağıtık üretim tesislerinin yerlerinin tespit edilmesi planlanmıştır. Dağıtım şebekesini beslemesi adına potansiyel aday olarak üretim santrallerinin ön koşulları; senkron makine alt yapısı olan santralin bulunması, en az bir adet üretim santralinin black-start yani şebeke toparlama özelliğine sahip olması, santralde yük olması, hız regülatörü ve AVR bulunması gibi kriterleri sağladığı takdirde izole ada modunda çalışabileceği yapılan analizler sonucunda görülmüştür. Bartın ilinde Kayadibi Hes en yüksek kurulu güce ve black – start şebeke toparlama alt yapısına sahip olduğundan dolayı dağıtım şebekesini enerjilendirmek adına ilk olarak devreye girmesi planlanmıştır.

Senkron jeneratör bulunan dağıtıma gömülü elektrik üretimini başlatmak için, uyartım sistemine gerilim verilmesi gerekmektedir. Bu gerilimi verebilmek için sistem dışı bir kaynağa ihtiyaç vardır. Dağıtım şebekesine bağlı bir jeneratörü çalıştırabilmek için gerekli besleme ana şebeke tarafından karşılanabilir. Fakat, izole ada (mikro şebeke) modunda çalışması durumunda dağıtık üretim santralleri ana şebekeden bağımsız olur ve ana şebekeden beslenemez. Bundan dolayı uyartım sistemi için ilk enerjilendirmeyi yapabilmek için black start özelliği olan dizel jeneratör gibi harici kaynağın olması gerekmektedir.

1 MW ve üstünde tüketime sahip olan kullanıcılar Elektrik Piyasası Serbest Tüketici Yönetmeliği'nde bahsedildiği üzere otoprodüktör lisansı alabilmektedir.

Bartın İlinde araştırmaya konu olan, Kirazlıköprü Hes üretim santralinde otoprodüktör bulunmakta fakat izole ada modunda ilk beslemeyi yapabilmesi adına devreye giren üretim tesislerinin ön koşullarını karşılamamaktadır. Çaybükü GES henüz devrede olmadığından dolayı simülasyonda analizi yapılmamıştır. Devreye alınması durumunda Kayadibi Hes, Kirazlıköprü Hes ve Çaybükü GES'i enerjilendirerek yüklerin beslemesi yapılacaktır.

Tez kapsamında, Bartın İli dağıtım şebekesi Digsilent analiz programı üzerinde modelleme yapılarak fiderler belirlenmiştir. Belirlenen Şehir1 ve Şehir2 fiderlerine gerekli besleme yapılması durumunda şebekede oluşan frekans ve gerilim değişimi göz önüne alınarak dağıtım şebekesi ana şebekeden ayrılarak ve izole ada modunda çalışmıştır. Modelleme sonucunda Kayadibi Hes black – start özelliği ile kendi iç ihtiyacını karşılayarak aktif hale getirmiş olup, hız regülatörü ve otomatik voltaj regülatörü ile şebeke değerleri kademe kademe elde edilmiştir. Kayadibi Hes'in iç ihtiyacı 0,2 MW'tır. Daha sonra Kirazlıköprü Hes enerjilendirilerek sırası ile Acil 112, Bartın Devlet Hastanesi, Kritik1 ve Kritik2 enerjilendirilmiştir. Kirazlıköprü Hes'in iç ihtiyacı için çektiği kurulu güç 0,12 MW'tır. Acil beslenecek kritik müşterilerin çektikleri güç ise; Acil 112 0,48 MW, Bartın Devlet Hastanesi 0,96 MW, Kritik1 0,30 MW ve Kritik2 0,58 MW'tır.

Yapılan incelemeler sonucunda dağıtık üretim santrallerinin mikro şebeke yani izole ada modunda, çalışabilmesi için ön şartlar aşağıda belirtilmiştir:

- Çalışma yapılacak izole ada da senkron jeneratör dağıtık üretim santrali ya da santralleri bulunmalı;

- En az bir adet dağıtık üretim santralinde black start şebeke toparlama özelliği olmalı;

- Senkron makine bazlı dağıtık üretim santrallerinin gerilim kontrol düzeneği, Q-V droop modunda çalışabilmelidir.

- Kayadibi Hes'in alt yapısı yük regülasyonuna uygun ve black – start çalışmasına uygun olarak kurulmuştur. Fakat izole ada (mikro şebeke) olarak hiç çalışmamıştır.

- Kirazlıköprü Hes'in otoprodüktör lisansı var fakat izole ada modunda ilk çalışma kritierlerine uygun değildir.

- Çaybükü GES henüz devreye alınmamış olup, black – start özelliği bulunmadığından dolayı ilk çalışma kriterlerine uygun değildir.

Çalışmada, dinamik analiz modellemesi ve elde edilen model üzerinde izole ada modunda dağıtık üretim santrallerinin devreye alınması incelenmiş ve izole ada modunda dağıtım şebekesinde yapılacak manevralarla çekilen yükün arttırılması durumları incelenmiştir. Yapılan modelleme ortalama yüklenme koşulları göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca daha sonra ani yük artışı ile frekans ve gerilim değerlerinin ani yük değişimine olan tepkisi analiz edilmiştir.

Dağıtık üretim santrallerinin black-start özelliği ile devreye alınmasından hemen sonra izole ada da bulunan diğer santrallerinde enerjilendirilmesi gerekmektedir. Çünkü daha fazla yük beslemek yaşam şartlarının sürdürülebilir olması ve acil (krtik) durumlarda hayat kurtarmaktadır.

KAYNAKLAR

Abdulsahib, A. I. 2017. Integration of distributed generation in Iraq electrical distribution system. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 44 sayfa, İstanbul.

Ackermann, T., Andersson, G., & Söder, L. 2001. Distributed generation: A definition. electric power systems research. Journal of Power and Energy Engineering, 57: 195-204.

Akcanca, M. A., & Taşkın, S. 2011. Akıllı şebeke uygulanabilirliği açısından Türkiye elektrik enerji sisteminin incelenmesi. *Akıllı şebekeler ve Türkiye elektrik şebekesinin geleceği sempozyumu,* Manisa.

Aksoy, M., 2016. Web sitesi. https://insamer.com/tr/dunyanın-enerji-gorunumu_388.html. Erişim Tarihi: 15.11.2020.

Aytemiz, M. 2021. Dağıtım şebekelerinde izole ada modu çalışma durumunda gerilim - reaktif güç değişmelerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 86 sayfa, Kahramanmaraş.

Best, R. J., Morrow, D. J., McGowan, D. J., & Crossley, P. A. 2007. Synchronous islanded operation of a diesel generator. IEEE Transactions on Power Systems, 22: 2170-2176.

Brabandere, D., Bolsens, K., Van den Keybus, J., Woyte, A., Driesen , J., & Belmans, R. 2007. A voltage and frequency droop control method for parallel inverters. IEEE Transactions on Power Electronics, 22(4): 1107-1115.

Çetinbaş , İ., Tamyürek, B., & Demirtaş, M. 2018. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi kampüsünde elektrik tüketim maliyetinin azaltılmasına yönelik fv üretim ve enerji depolama biriminden oluşan bir mikro şebekenin optimal tasarımı. Emo Bilimsel Dergi, 8(1): 33-38.

Çukurçayır, A. M., & Sağır, H. 2008. Enerji sorunu, çevre ve alternatif enerji kaynaklari. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 20: 257-278.

DigSilent Power Factory, 2020. Web sitesi. www.digsilent.de. Erişim Tarihi: 25.10.2021.

Gao, L., Xia, J., & Dai, Y. 2010. Analysis of power system frequency responses with hydro turbines incorporating load shedding. Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 53: 893-897.

Gökçek, T., & Ateş, Y. 2019. Dağıtık güç üretiminin şebekeye entegrasyonu ve olası etkilerinin incelenmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 15: 216-228.

Hacımale, A., Hakyemez, C., Uz, C., Gülap Tütüncü, E., Şaitoğlu, E., & Kavak, K. 2020. Enerji sektörel görünümü. Ankara: Tskb.

IEEE, S. 2018. Interconnection and interoperability of distributed energy. Associated Electric Power Systems Interfaces. IEEE std. 1547-2018.

Karaaslan, K. 2010. Dağıtılmış üretim kaynaklarının elektrik dağıtım sistemlerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, 85 sayfa, Kocaeli.

Kılınç, L., & Arsoy, A. B. 2011, Mayıs 12-13. Şebekede yaşanan bozucu elektriksel olayların dağıtılmış üretim sistemleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi. 4. Emo sempozyumu, EVK 2011.

Köksal, A. O. 2021. Dağıtım şebekelerinde izole ada modu çalışma durumunda aktif güç-frekans değişimlerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 84 sayfa, Kahramanmaraş.

Lasseter, R. H. 2002. MicroGrids. IEEE Power Eng. Soc. Winter Meet. Conf. Proc. 1: 305-308.

Lopes, J. P., Hatziargyriou, N., Mutale, J., Djapic, P., & Jenkins, N. 2007. Integrating distributed generation into electric power systems: A review of drivers, challenges and opportunities. Electric power systems research, 77(9): 1189-1203.

Minchala, A., Garza, C., Vargas, M., & Zang, Y. 2015. A review of optimal control techniques applied to the energy management and control of microgrids. Procedia Computer Science, 52: 780-787.

Shuai, Z., Yingyun, G., Shen, Z., Tian, W., Tu, C., & Yin, X. 2016. Microgrid stability: classification and a review. Elsevier, 58: 167-179.

TC Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2020. Web sitesi. www.epdk.gov.tr. Erişim Tarihi: 03.12.2021.

Trujillo, C., Velasco, D., Figueres, E., & Garcera, G. 2010. Analysis of active islanding detection methods for grid-connected microinverters for renewable energy processing. Applied Energy, 87(6): 3591-3605.

Türkiye Elektrik İletim AŞ., 2020. Web sitesi. https://www.teias.gov.tr. Erişim Tarihi: 20.11.2011.

Uzun, S. 2015. Dağıtık üretim tesislerinin şebeke entegrasyon etkileri ve şebeke uyumluluğunun güç sistem analizleriyle uygulamalı değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 117 sayfa, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Büşra ÖZYÜREK

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı	2019-Halen
Lisans	K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü	2011-2015

İş Deneyimi

Yıl	**Kurum**	**Görev**
2015-2018	AKEDAŞ Elk.Dağıtım AŞ.	Mühendis