T.C
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YEREL SANTRALDE ADA OLUŞUMUNU ENGELLEYEN FREKANS DEĞİŞİM RÖLESİNE YENİ BİR YAKLAŞIM

SADİ SERDAR GÜNELİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR
Haziran-2019

T.C. DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
DİYARBAKIR

SADİ SERDAR GÜNELİ tarafından yapılan "YEREL SANTRALDE ADA OLUŞUMUNU ENGELLEYEN FREKANS DEĞİŞİM RÖLESİNE YENİ BİR YAKLAŞIM" konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan: Prof. Dr. Şükrü ÖZEN

Üye : Doç. Dr. Bilal GÜMÜŞ

Üye : Dr. Öğr. Üyesi M. Ali ARSERİM

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 19/07/2019

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../.....

Prof. Dr. Sevtap SÜMER EKER

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması süresince her anlamda yardımını, bilimsel katkılarını ve tecrübelerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Dr.Öğr.Üyesi M. Ali ARSERİM'e teşekkür ederim.

Sadi Serdar GÜNELİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR…….. I

İÇİNDEKİLER…… II

ÖZET…… V

ABSTRACT…….. VI

ÇİZELGE LİSTESİ…… VII

ŞEKİL LİSTESİ…….. VIII

KISALTMA VE SİMGELER…… XII

1. GİRİŞ…… 1

1.1. Genel Bilgi…… 1

1.2. Güç Adası Oluşumu (Islanding) …….. 2

1.3. Geleneksel Enerji Dağıtım Sisteminden Modern Sisteme Geçiş…….. 3

1.4. Tez Çalışmasının Amacı…… 5

1.5. Tezin Yapısı……... 6

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR…….. 7

2.1. Bireysel Yerel Santrallerin Ana Şebekeye Etkileri……... 9

3. MATERYAL VE METOT…… 11

3.1. Enerji Üretimi, İletimive Dağıtımı…… 11

3.2. Gerilim Değerlerine Göre Şebeke Çeşitleri…….. 12

3.2.1. Alçak Gerilim Şebekeleri…….. 12

3.2.2. Dağıtım Şebekeleri…… 13

3.2.3. Yüksek Gerilim Şebekeleri…… 13

3.2.4. Çok Yüksek Gerilim Şebekeleri…… 13

3.3. Mesafelere Göre Şebekeler…… 13

3.4. Dağıtım Şekillerine Göre Şebeke Çeşitleri…… 14
3.4.1. Dallı Şebekeler…… 14
3.4.2. Ring Şebekeler…….. 15
3.4.3. Ağ Gözlü Şebekeler…….. 16
3.4.4. Enterkonnekte Şebekeler…….. 17
3.4.5. Akıllı Şebekeler…… 21
3.5. Dağıtık Üretim (DG) …… 22
3.5.1. Dağıtılmış Üretim Nedir? …… 22
3.5.2. Dağıtık Üretim Santrallerinin Ana Şebekeye Entegre Edilme Sebepleri.. 24
3.5.3. Dağıtım sistemlerin Sınıflandırılması ve Şebekeye Entegrasyonları…… 25
3.5.4. DG'lerde Adalaşma (İslanding) …… 25
3.6. Güç Sistem Koruması…… 26
3.7. Üretim ve Arabağlantı Sistemleri…….. 28
3.8. Makineler…….. 28
3.9. Transformatörler…… 29
3.10. Güç Elektroniği Arabirimleri…… 30
3.11. Kısa Devre Gücü ve Arıza Akım Seviyesi…… 30
3.12. Tam Ölçülemeyen Empedans ve Etkileri…….. 32
3.13. Ters Yönde Akan Güç ve Barajlardaki Voltaj Yükselmesi…….. 32
3.14. Otomatik Kapama ve Adalaşma (Islanding)…….. 32
3.14.1. Topraklama…… 34
3.15. Ana Şebeke Kaybı Koruma (Loos Of Main)…… 34
3.16. Şebeke Koruma Yöntemleri (Anti-Islanding)…….. 35
3.17. Pasif Koruma Yöntemleri…….. 35
3.17.1. Gerilim-Akım-Frekans Dengesizlik Rölesi……... 36

3.17.2. Vektör Dalgalanma Tespit Rölesi…….. 36

3.17.3. Çıkış gücünün değişim oranı Rölesi…….. 37

3.17.4. Frekansın değişim oranı rölesi …….. 37

3.17.5 Reaktif Güç Çıkış Hatası Bulma Rölesi…… 39

3.18 ROCOF Rölesi Algoritması ve İç Yapısı…….. 41

3.18.1 ROCOF – Rölesinin Yapısı……... 46

3.18.2. 3 Fazlı Yüksek Ve Orta Gerilim Güç Sistemi Devreleri İçin Sık Kullanılan Matlab Simulink Blokları…… 49

4 BULGULAR VE TARTIŞMA……... 55

5 SONUÇ VE ÖNERİLER…… 75

6 KAYNAKLAR……. 77

ÖZGEÇMİŞ……..... 85

ÖZET

YEREL SANTRALDE ADA OLUŞUMUNU ENGELLEYEN FREKANS DEĞİŞİM RÖLESİNE YENİ BİR YAKLAŞIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sadi Serdar GÜNELİ

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2019

Türkiye'de Elektrik Piyasasında Lisansız Elektrik Üretimine İlişkin yönetmenlik; 14/3/2013 tarihli ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanununun 14 üncü maddesi kapsamında değiştirilmesi ile Ülkemizde bir çok yerel elektrik santrali kurulmuş yada kurularak elektrik şebekeleri ile paralel çalışır duruma getirilmiş yada getirilecektir. Bu santraller şebekeyle paralel çalışarak güç alış verişinde bulunacaktır. Bu santrallerin enerji üretimine büyük katkısı yanında şebeke ile paralel çalışması sırasında teknik personel ve diğer tüketiciler açısından çeşitli problemlere neden olmaktadır. Bu nedenle elektrik şirketleri kendi şebekelerine gömülecek olan yerel elektrik santralleri, EG (Embedded Generator), için çeşitli kurallar belirlemişlerdir. Ana şebekeye gömülerek şebeke ile paralel çalışacak olan bu santrallerin yetkililerinin planlanma, kurulma, işletmeye alınma ve işletme aşamasında ana şebeke yetkilileri ile sürekli temas halinde olmaları gerekmektedir. Yerel santraller çalışırken diğer insanların yaşam ve mülkiyet haklarına zarar vermemelidir. Bu nedenle koruma sistemlerinin şebeke ile paralel çalışırken oluşan güç adalarına karşı en uygun şekilde planlanması gerekmektedir. Pratikte oluşan ada tiplerine karşı koruma uygulanırken bazı koruma uygulamaları halen araştırma aşamasınadır. Bu tezde bugüne kadar yapılan koruma sistemleri analiz edilecek avantaj ve dezavantajları açıklanacak ve araştırma aşamasında olan koruma sistemlerinin geliştirilmesi için çözümler aranacaktır. Diğer ülkelerde oluşan adalaşma problemleri incelenerek ülkemizde oluşacak problemlere karşı en sağlıklı çözümlerin oluşturulması konusu araştırılacaktır. Bu sorunu engelleyen ROCOF rölesi incelenecek ve benzetim ortamında oluşturulan güç adaları için rölenin sergilediği performans incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Dağıtık Üretim, Adalaşma, Rocof, Bireysel Yerel Santral.

ABSTRACT

A NEW APPROACH TO RATE OF CHANGE OF FREQUENCY RELAY PREVENTING ISLANDING IN LOCAL POWER

MsC THESIS

SADİ SERDAR GÜNELİ

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE
2019

Regarding the Electricity Generation License directing the Electricity Market in Turkey; With the amendment of the Electricity Market Law dated 14/3/2013 and numbered 6446 within the scope of Article 14, many local power plants will be established or brought into parallel operation with the electricity networks. These plants will operate in parallel with the network and exchange power. Although the major contribution of these power plants to energy production, they cause various problems for technical personnel and other consumers during their parallel operation with the network. Therefore, electricity companies have established various rules for local power plants that will be buried in their networks. The authorities of power plant which will work in parallel with them by embedding in the main network, should be in constant contact with the local generator authorities that during the planning, installation, commissioning and operation phase. Local power plants should not harm other people's life and property rights while operating. For this reason, protection systems should be designed in the most appropriate way against power islands that occur while working in parallel with the network. While protection is practiced against islanding types that are practically practiced, some conservation practices are still under investigation. In this thesis, the advantages and disadvantages of the protection systems to date will be analyzed and solutions will be sought for the development of protection systems in the research stage. To create the most healthy solutions to the problems that could occur in our country, it was examined the solutions of islanding problems in protection systems of other countries.

Key Words : Distribuated Generation , Rocof , İslanding , Embedded Generation.

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No		Sayfa
Çizelge 4.1.	Vektör kayma ve frekans rölesi giriş değerler	67
Çizelge 4.2.	Vektör kayma ve frekans rölesi giriş değerleri 2	68
Çizelge 4.3.	Vektör kayma ve frekans rölesi algılama karşılaştırması	69
Çizelge 4.4.	Generatör Gücünün Yükten fazla ve az olmasına göre röle algılama değerleri	70
Çizelge 4.5.	Frekans değerlerine göre röle cevap süreleri	70

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 3.1	Elektrik Enerjisi Üretimi İletimi ve Dağıtım	11
Şekil 3.2	DG'lerin Dağıtım Şebekesine Entegresi	12
Şekil 3.3	Dallı Şebeke	15
Şekil 3.4	Ring Şebeke	16
Şekil 3.5	Ağ Gözlü Şebeke	16
Şekil 3.6	Enterkonnekte Şebeke	17
Şekil 3.7	Enterkonnekte Şebekede İletim Sistem	19
Şekil 3.8	Akıllı Şebeke Örneği	20
Şekil 3.9	Geleneksel Şebeke ve Akıllı Şebeke	21
Şekil 3.10	Dağıtık Üretim Sistemlerin Sınıflandırılması	25
Şekil 3.11	I_a Kısa devre akımı, I_{dg1} DG_1 akımı, I_{hat} ana şebeke akımı	31
Şekil 3.12	Şebeke koruma yöntemleri (Anti-Islanding)	35
Şekil 3.13	Bir dağıtım ağı ile paralel olarak çalışan Vector Değişim Rölesi (VS) ile donatılmış senkron generatör eşdeğer devresi	37
Şekil 3.14	Bir dağıtım ağı ile paralel olarak çalışan frekans değişim oranı rölesi (Rocof) ile donatılmış senkron generatör eşdeğer devresi	38
Şekil 3.15	Çıkış gücü akışı veya kVar akışının şebekeye girmesi ile bağlı olunan kapalı şebeke alanı (Warin, 1981)	40
Şekil 3.16	Çıkış gücü akışı veya KVar akışının şebekeye girmesi ile bağlı olunan kapalı şebeke alanı (Warin 1981)	40
Şekil 3.17	Reaktif güç çıkış hatası bulma rölesi yapısı(Warin 1981)	41
Şekil 3.18	Sinüsoidal gerilim sinyal.	42
Şekil 3.19	Sinüsoidal sinyal sıfır geçiş noktası devresi	42
Şekil 3.20	Sinyal sıfır geçiş noktası tespiti (Salman 2005)	42

Şekil 3.21	Frekans değişim oranının grafiksel gösterimi (Salman,2005)	43
Şekil 3.22	Dalga formundaki bozulmanın giderilmesi (Warin 1981)	43
Şekil 3.23	ROCOF algoritması (Warin 1981)	44
Şekil 3.24	Röle tasarımını göstermektedir	44
Şekil 3.25	Frekans değişiminin rölenin çalışmasından daha hızlı olduğu durum algılanamayanbölgenin oluşması (Non-Detection Zone-NDZ)	45
Şekil 3.26	Gerilim değişiminin fazör diyagramını göstermektedir	45
Şekil 3.27	Powergui Bloğu	49
Şekil 3.28	Senkron Generatör Bloğu	49
Şekil 3.29	Senkron Generatör Bloğu	50
Şekil 3.30	3 fazlı Dengeli voltaj kaynağı bloğu	50
Şekil 3.31	Topraklama Bloğu	50
Şekil 3.32	Fazlı Transformatör Bloğu	51
Şekil 3.33	3 faz Kesici Bloğu	51
Şekil 3.34	3 Fazlı Hat Bloğu	51
Şekil 3.35	3 Faz Paralel Yük Bloğ	52
Şekil 3.36	3 Faz Seri Yük Bloğu	52
Şekil 3.37	3 Faz Arıza Verdirme Bloğu	52
Şekil 3.38	3 fazlı PI Hat bloğu	53
Şekil 3.39	3 Faz V-I Ölçüm Bloğu	53
Şekil 3.40	Analiz Cihazı Bloğu	53
Şekil 3.41	Osiloskop ölçüm bloğu ekran bloğu, girilen değerleri gözlemlememize yardımcı olur	54
Şekil 3.42	Ekran Bloğu	54
Şekil 4.1	İki bireysel yerel santralin ana şebeke ile paralel çalışmasını göstermektedir	56
Şekil 4.2	ROCOF fonksiyonunun basitleştirilmiş fonksiyon blok diyagram	57

Şekil 4.3	ROCOF Rölesi MATLAB SIMULINK modeli	58
Şekil 4.4	Şebeke ve DG'nin birlikte çalışması MATLAB SIMULINK ortamında tasarlanması	59
Şekil 4.5	Şebeke ve DG'nin birlikte çalışırken akım gerilim grafiği MATLAB SIMULINK	59
Şekil 4.6	3 Fazlı yüklü Devre üzerinde arıza noktası	60
Şekil 4.7	Dağıtım seviyesinden bağlana DG'nin ana şebekede de 3 faz toprak arızası meydana gelmesi ve %50 yük ile ölçüm sonucu	61
Şekil 4.8	Dağıtım seviyesinden bağlana DG'nin ana şebekede de 2 faz arızası meydana gelmesi ve %50 yük ile ölçüm sonucu	61
Şekil 4.9	Dağıtım seviyesinden bağlana DG'nin ana şebekede de tek faz arızası meydana gelmesi ve fazla yük ile ölçüm	62
Şekil 4.10	%200 yüklü Devre üzerinde arıza noktası	62
Şekil 4.11	Dağıtım seviyesinden bağlana DG'nin ana şebekede 3 faz toprak arızası meydana gelmesi %200 yük ile ölçüm	63
Şekil 4.12	Dağıtım seviyesinden bağlana DG'nin Ana Şebekede de 2 faz toprak arızası meydana gelmesi %200 yük ile ölçüm	63
Şekil 4.13	Dağıtım seviyesinden bağlana DG'nin Ana Şebekede de 2 Faz arızası meydana gelmesi %200 yük ile ölçüm	64
Şekil 4.14	Dağıtım seviyesinden bağlana DG'nin Şebekede tek faz toprak arızası meydana gelmesi %200 yük ile ölçüm	65
Şekil 4.15	Yükün toplam üretimden az olma hali (Salman, 2005)	66
Şekil 4.16	Aktif güç dengesizliği (Yüksek aktif ve reaktif güç)	66
Şekil 4.17	Aktif güç dengesizliği (Az aktif ve reaktif güç)	67
Şekil 4.18	Aktif güç dengesizliği (Yüksek aktif ve az reaktif güç)	68
Şekil 4.19	VSR – Frekans rölesi karşılaştırma	69
Şekil 4.20	Frekans rölesi algılama noktası	70
Şekil 4.21	ROCOF Rölesi ile Vektör Kayması Rölesinin karşılaştırılması (Feritas ve arkadaşları,2005)	71

Şekil 4.22 Frekans rölesinin Vektrör kayması rölesi ile algılama aralığı karşılaştırması (Salman, 2005) 71

Şekil 4.23 Frekans rölesinin tölere edilebilir zaman aralığı (Salman, 2005) 72

Şekil 4.24 Frekans rölesi, vektör kayması rölesi ve teorik formül algılama zamanları (Salman, 2005) 72

Şekil 4.25 Frekans rölesi ile formül algılama zaman karşılaştırılması 73

Şekil 4.26 Frekans rölesi ile formül tolere edilebilir zaman aralığı karşılaştırılması (Salman, 2005) 73

Şekil 4.27 Dicle Üniversitesi Güneş Enerji Santralinin şebeke ile paralel çalışmasının tek hat şeması 73

KISALTMA VE SİMGELER

DG	: Dağıtık Üretim (Distribuated Generation)
EG	: Gömülü (Entegre) Üretim (Embedded Generation)
CHP	: Birleştirilmiş Isı Elektrik Enerjisi Üretimi
TEİAS	: Türki'ye Elektrik İletim A Ş
E.N.H	: Enerji İletim Hattı
ROCOF	: Frekans Değişim Oranı Rölesi
VS	: Gerilim Değişim Oranı Rölesi
ROCOP	: Güç Değişim Oranı Rölesi
PFC	: Güç Faktörü Düzeltme
SM	: Senkron Motor
ON-GRİD	: Paralel çalışma
OF-GRİD	: Bağımsız Çalışma
P	: Aktif Güç
V	: Gerilim
δ	: Yük Açısı
I	: Akım
Ɵ	:Güç Faktörü
ω	: Açısal hızlanma
MATLAB	: Benzetim (Simülasyon) Programı
EMTP	: Güç Sistemleri Simülasyon Programı

FACTS	: Esnek AC iletim sistemi
OLTC	: Yük kademe değiştiricisi
D.G.K.Ç.S	: Dogal Gaz Kombine Çevrim Santrali
UCTE	: Elektrik İletim KoordinasyonBirliği (Avrupa)
PAR	: Faz açısı korma
HSR	: İletim hatlarının yüksek hızlı tekrar kapaması
SCADA	: Merkezde denetim ve veri toplama
AVR	: Otomatik Voltaj Regülatörü
VCPI	: Yaklaşık Voltaj Çökme Göstergesi
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
EİE	: Elektrik İşleri Kontrol İdaresi
EPDK	: Enerji Piyasası Denetleme Kurumu
EIC	: Uluslararası Elektrik Birliği
N.F.F.O.	:Petrol Dışı Enerji Kaynakları
EHV	: Yüksek Gerilim Hatları
BYS	: Bireysel Yerel Santraller

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgi

Günümüzde, nüfus artışı ve elektrik-elektronik teknolojisindeki gelişmeler dünyada ve ülkemizdeki toplumların elektrik enerjisine olan bağımlılığını artırmaktadır. Fosil yakıtların tükeniyor olması ve çevre sorunları oluşturması, dünyadaki bütün ülkeleri alternatif enerji kaynaklarını kullanmaya teşvik etmiştir. Yaşanan bu gelişmeler geleneksel elektrik enerji sitemlerinin yeniden yapılandırılmasına sebep olmuştur

Elektrik enerjisi büyük güçlerde, şehir merkezlerinin dışında üretilmesi sebebiyle, en az kayıpla enerji iletim sistemleri yardımıyla merkeze taşınmak zorundaydı. Sanayiciler enerji kalite ve arıza problemlerinden dolayı bireysel yerel santrallerini kurmuşlardır. Lokal santrallerden elde edilen elektrik enerjisinin maliyetinin yüksek olması nedeniyle aynı kaynağı hem ısı enerjisi hem de elektrik enerjisi üreten CHP (Kombine Isı ve Güç) teknolojisi ile düşürmeye çalışmışlardır. Devletlerde özellikle nüfusun yoğun olduğu yerlerde bu santralleri tercih etmişlerdir (Woodworth M., 1996).

Üniversitelerde yapılan araştırmalar ve gelişen röle teknolojisi bireysel yerel santrallerin (Embedded Generation) geleneksel enerji sitemine bütünleşmiş (entegre) çalışmasını sağladı. Böylece düşen enerji maliyetleri bir anda lokal santrallerden elektrik enerjisi üretimini teşvik etti.

Yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtlara alternatif bir kapasiteye sahip olmasına karşın elektrik enerjisi üretme maliyetlerinin yüksek olması ve büyük güçlerde enerji üretmenin zor olması nedeniyle piyasada istenilen talebi oluşturamıyordu. Ana şebekeye entegre edilen bireysel yerel santraller Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının enerji üretim maliyetini düşürmesi ve yapılan araştırmalar sonucu özellikle güneş enerjisi ve rüzgar enerjisinden daha verimli enerji elde edilmesi tüm dünyada yenilenebilir enerjinin kullanılmasının önünü açtı. Ülkemizde, yenilenebilir enerjinin en önemli kaynaklarından biri, güneş enerjisi sistemlerdir.

Yenilenebilir enerjiden geleneksel enerji üretim sistemleri ile kıyaslandığında küçük güçlerde elektrik enerjisi üretilse de, bu sistemlerin, tüketim merkezlerinin yakınında elektrik enerjisi üretmesi ve gelişen röle teknolojisi ile elektrik dağıtım sistemlerine bütünleşmiş (entegre) çalışması sayesinde elektrik enerji iletim sistemlerinde önemli değişikliklere neden olmuştur (Engineering Recommendation G59/1, 1985).

İrili ufaklı Bireysel Yerel Santrallerin kurulması ve bunların geleneksel enerji sistemi ile entegre çalışması, elektrik enerji sistemleri literatürüne Dağıtık Üretim (DG) kavramını yerleştirmiştir.

Böylece, dağıtık üretim santralleri (DG) olarak tanımlandılar, çünkü tüketicilerin yüzlerce kilometre iletim hattı ile büyük enerji santralinden enerji ihtiyaçlarını karşılaması yerine, onlara yakın birçok dağınık küçük enerji üretim sisteminden faydalanmasını sağlamaktadır (P.P. Barker and R.W. De Mello , 2000).

Dağıtık Üretim (DG) kurallarına uygun bir şekilde tasarlanır ise, enerji iletim sistemlerinin güvenilirliği artırılırsa, elektrik enerji sistemin gelişimine büyük katkı sağlar buna ek olarak enerji iletim hatlarında kayıplar ciddi oranda azalır. Yenilenebilir enerjinin daha çok kullanılması ile iklim değişikliğine yol açan çevre sorunları da önemli oranda azaltılır. Dağıtık Üretim santralleri sistemde, hem tasarım hem de senkronize çalışma anlamında çeşitli sorunlar oluştururlar. Bununla birlikte, irili ufaklı binlerce santralin enerji sistemine bütünleştirilmesi (entegre) edilmesi tasarım anlamında olduğu kadar çalışma anlamında da elektrik enerji sisteminde yüksek bir karmaşıklık oluşturur. Yeniden yapılandırılan elektrik enerji sistemlerindeki en önemli problem arıza gibi görünmeyen ve mevcut röle sistemi ile tespit edilemeyen enerji iletim sistemlerinde güç adalarının meydana gelmesidir (Engineering Recommendation G59/1, 1985; Salman, 1996).

1.2. Güç Adası Oluşumu (Islanding)

Güç adası lokal enerji iletim sisteminin bir kısmı bütünleşik güç sisteminin geri kalan kısmından elektriksel olarak ayrıldığında gerçekleşir; ancak lokal iletim sistemi yerel santral generatörleri tarafından enerji alışverişine devam eder. Bu durum meydana geldiğinde, güç dağıtım sistemine bağlı koruma sistemi, ada durumunu tespit

etmelidir (Engineering Recommendation G59/1, 1985). Mevcut şart, adanın oluştuğu anda tüm yerel generatörlerin bağlantısını kesmektir. Bunun için her yerel generatör bir ada tespit koruma cihazı ile donatılmış olmalıdır.

Adalaşma, yerel dağıtım sisteminin, ana elektrik enerji sisteminin geri kalanından ayrı olsa dahi hala enerji alışverişine maruz kaldığı koşul olarak tanımlanabilir. Adaya ayrılma, sistemdeki çeşitli olaylardan kaynaklanabilir, örneğin, bir kısa devre arızası ya da belli bir alanda bakım için elektrik şebekesinin kısmen kapatılması gibi.

1.3. Geleneksel Enerji Dağıtım Sisteminden Modern Sisteme Geçiş

Günümüze de toplumsal gelişmenin en önemli unsurlarından biri elektrik enerjisidir. Isınma ihtiyacını karşılamanın yanı sıra aydınlatma, üretim, üretimin taşınması gibi birçok alanda büyük miktarlarda elektrik enerjisine ihtiyaç duyulur. Sanayi devriminden bu yana, dünya politikalarının temel etkeni elektrik enerjisi olmuştur. Kişi başına kullanılan elektrik enerji oranı ülkelerin gelişmişlik düzeyini ölçümleyen en önemli kıstaslardan birisidir. Son yüzyılda enerji ihtiyacı dokuz kat artarken nüfus dört kart artmıştır. (Satman, 2006). Toplumları çağdaş uygarlık düzeyine ulaşmasındaki en önemli itici güç deyince, ilk akla gelen elektrik enerjisi aynı zamanda toplumların ekonomik sosyal ve kültürel yönlerden kalkınmasını sağlayan çağdaş uygarlığın en önemli araçlarından biridir. Geleneksel elektrik enerji üretimi dört ana gruptan oluşur. Bunlar su, kömür, petrol ve nükleer enerjidir. Küçük güçler ise dizel jeneratörler, rüzgârgülü ve güneş panelleri ile elde edilirler. Geleneksel enerji üretim sistemleri 4kV,16 kV 13,8 kV 18 kV ve 22 kV seviyesinde üretilirler ve yükseltici trafolarla iletim seviyelerine yükseltilirler. Elektrik gücünün tüketildiği yerler ise genellikle üretimden uzak yerlerdir. Bu nedenle yükler bu tüketim bölgelerine 154 kV ve 380 kV gerilim seviyelerinde iletilirler ve indirici trafolarla farklı değerlerdeki kullanım seviyelerine dağıtılırlar.

İlk zamanlarda kullanılmaya başlayan Elektrik enerjisi doğru akımla iletilmekteydi. Doğru akımla iletildiği için iletimi, dağıtımı ve üretimi aynı gerilim seviyesindeydi. Bu nedenle ancak yakındaki kullanıcılara elektrik enerjisi sağlanabilmekteydi. Generatörlerin ve Trafoların keşfinden sonra üç fazlı enerji

sistemlerinin kullanılmasıyla elektrik enerji iletiminde alternatif akım kullanılmaya başlanmıştır (Anderson P M, 1973). Alternatif akıma geçen enerji iletim sistemi düşük maliyetlerle uzun mesafelere enerji iletimine imkân sağlamıştır. Enterkonnekte şebekelerin kullanılmaya başlamasıyla enerji iletimindeki kalite ve güvenilirlik artmıştır. Bununla birlikte arızalı sistemlerin yerine yedek sistemlerin devreye alınması imkânı gerçekleşmiştir.

Alternatif akım elektrik enerjisinin depolanamamasından ötürü arz ve talep dengesini sağlamak geleneksel enerji sistemlerinin en önemli mühendislik problemini oluşturmuştur. Radyal düzende olan geleneksel enerji sisteminde, bu sisteme uygun olarak koruma düzeni oluşturulmuştur. Depolanamayan alternatif akım elektrik enerjisinin gece gündüz ve mevsimlere göre talep artış azalış oranının dengelenmesi elektrik mühendisliğinin özellikle de röle mühendisliğinin çözmeye çalıştığı en önemli problemdir. Yüksek gerilim hatlarının ve röle mühendisliğinin gelişmesiyle uzak noktalara taşınan elektriğin maliyeti oldukça düşürülmüştür.

Fosil yakıtların hızla tükenmesi ve çevre sorunları oluşturması nedeniyle ülkeler yeni enerji kaynakları kullanma arayışına girmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakların veriminin artmasındaki teknolojik gelişmeler ardı sıra Bireysel Yerel Santrallerin Ana Şebeke ile paralel çalışması teknolojisinin çözümlenmesi ile düşen enerji maliyetleri tüm dünya ülkelerini çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarını, fosil yakıtlara alternatif olarak kullanmaya teşvik etmiştir (Kundu, 1991).

İrili ufaklı bir çok santralde enerji üretilerek ana şebekeye entegre çalıştırılması sayısı hızla artan bu santrallere Dağıtık Üretim Sistemleri (DG) tanımlamasını uygun görülmüştür. Dağıtık üretim santralleri geleneksel şebekeye alçak ve orta gerilim seviyesinde bağlanmakta ve tüketicilere yakın noktalarda elektrik enerjisi üretmektedir.

Elektrik iletim ve dağıtım sistemlerine DG'lerin entegre edilmesi; senkronize çalışmaya, hat kayıplarına, enerjinin sürekliliğine olumlu etkileri söz konusuyken, çeşitli teknik problemleri oluşturmasında sistemi olumsuz yönde etkileyebilir. DG'ler sistem ile paralel çalışarak adeta sistemin bir parçası olmuştur, sisteme gömülmüştür yada entegre edilmiştir (The Energy Act, 1983). Geleneksel radyal sistemin mantığına

ters olarak sisteme entegre edilmesi, güç akışının çift yönlü olmasına neden olmuştur. Elektrik şebekelerinde kısa devre arızası meydana geldiğinde arıza noktasına çift yönden yük akışı olacaktır. Alışıla gelmişin dışında yaşanan çalışma tipi elektrik enerji sitemlerinin yeniden yapılandırılmasına sebep olmuştur. Özellikle koruma düzeninin yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bilinen koruma sistemleri çift yönlü yük akışını kontrol edememesi nedeniyle özellikle röle mühendislerine ve araştırmacılarına çok iş düşmektedir.

Yeniden yapılandırılacak elektrik enerjisi güç sistemleri karmaşık bir bütündür. Bu sistemlerde yük akışının bilgisayar programları yardımıyla yeniden yapılandırılması enerji güvenliğini ve kalitesini artırmasının yanı sıra enerji maliyetini de düşürecektir. Enerji sistemlerindeki kısa devre analizi, empedans modellenmesi, kararlılık analizi, güç faktörü hesaplaması, harmonik kontrolü, kırpışma ve doğru topraklama sistemlerinin gerçekleştirilmesi konusunda birçok araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmaktadır.

Ülkemizde de en önemli problemimiz olan elektrik enerjisinin sağlanmasında, dağıtık üretimin (DG) katkısı çok önemli olacaktır. Ancak bu santrallerin enerji sistemlerimize yeni yeni entegre edilmesiyle ortaya çıkacak problemleri zamanında çözmezsek, bunlar enerji kalitesini bozacağı gibi enerji maliyetinin de artmasına sebep olacaktır. Bu nedenle üniversitelerimizde yeni oluşan enerji sistemlerinin problemleri konusunda birçok ARGE çalışması yapılmalıdır. Bununla birlikte gerçek çözüm olacak akıllı şebekelerin alt yapısının sağlıklı bir şekilde oluşturulması için araştırma geliştirme çalışmaları hızlandırılmalıdır.

1.4. Tez Çalışmasının Amacı

Bu alanda yapılan araştırmalar ana şebekenin izole olmasının (Loss of Grid) gömülü sistem koruma sisteminin en önemli kısmı olduğunu göstermiştir. Çünkü ana şebekenin izole olması geleneksel bir arıza çeşidi olmamakla birlikte bu arıza olduğunda kendi başına sistemde herhangi çökmeye sebep olmaz. Bu durum anormal çalışma koşulu olarak sınıflandırılmaktaydı. Bu durumun tespit edilmesinin zorluğu röle tasarımcılarını ve mühendislerini bu konuda çalışarak gömülü şebeke koruma sisteminin oluşturulmasını önemli kılmıştır.

Birçok ana şebekenin kaybı (Loss of Grid) koruma sistemi tekniği oluşturulmasına karşın hiçbiri ideal çözümü günümüze kadar sağlayamamıştır.

Frekansın değişim oranı rölesi (The Rate of Change of Frequency) ROCOF Endüstriyel standartlarda ana şebekenin kaybı durumunu algılamak için kabul edilebilir sayılmaktadır. Faz değişiminin gözlemlenmesi yöntemi ROCOF'tan sonra çözüme en yakın geliştirilmekte olan alternatif çözüm yöntemi olmuştur.

Bu bilgiler doğrultusunda, tezde matlab simülasyon programı ile tasarlanan model üzerinde, arızalar oluşturulup, sonuçları değerlendirilmiştir. ROCOF ve faz değişimi röle çıktıları incelenmiştir. Dicle Üniversitesi güneş santrali modeli matlab simülasyon ortamında oluşturulmuştur.

1.5. Tezin Yapısı

Bu Tez, Giriş, Önceki Çalışmalar, Materyal Metot, Bulgular ve Tartışma, Sonuç ve Öneriler, Kaynaklar olarak altı bölümden meydana gelmektedir.

Giriş olarak adlandırılan birinci bölümde geleneksel şebekeden modern şebekeye geçiş ve adalaşma hakkında genel bilgilendirme yapılmıştır.

Önceki Çalışmalar olarak adlandırılan ikinci bölümde bu yüksek lisans tezi ile ilgili yapılan literatür araştırması kısmen yer almaktadır.

Materyal Metot olarak adlandırılan üçüncü bölümde Bireysel yerel santrallerin entegre edileceği enerji iletim dağıtım sistemleri hakkında bilgi verilmiş ve simülasyonda kullanılacak şebeke elamanları tanıtılmıştır.

Araştırma ve Bulgular olarak adlandırılan dördüncü bölümde simülasyon sonuçları gösterilmiştir. ROCOF ve vektör surge röleleri incelenmiştir.

Sonuç ve Öneriler olarak adlandırılan beşinci bölümde ise elde edilen ve var olan röle algılamaları karşılaştırılıp sonuçlar tartışılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

Kaynaklar olarak adlandırılan altıncı bölümde tezin içinde referans olarak gösterilen çalışmalar sıralanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Son yıllarda ekonomik, politik ve çevresel koşullar ana şebeke ile paralel çalışan küçük yerel ve yenilenebilir enerji santrallerin kurulumunu teşvik etmiştir. Bu birimlere gömülü sistemler (Ana Şebekeye Gömülü, Entegre Yerel santraller) veya genel olarak Amerika'da "Dispersed Storage and Generation (DSG)" olarak tanımlanmıştır. Ana şebeke ile paralel çalışan sisteme entegre edilmiş bireysel yerel santraller doğalgaz ve veya yenilenebilir enerji kaynakları ile; rüzgar, güneş, biyo enerji, su vb. çalıştırılabilir. Geleneksel sistem dışından entegre edilen kişisel yerel santraller "Non Utility Generation" (NUGs) Kişisel veya Özel Santraller olarak da bilinir. (Engineering Recommendation G59/1, 1985) (Salman K S,1996). Dünya genelinde özellikle Amerika ve Avrupa'da bu tip enerji üretim santrallerine olan talep hızla artmaktadır. Geleneksel olarak İngiltere'de küçük ve orta ölçekli bireysel yerel santraller yerel ihtiyaçları karşılamak için kullanılırdı ve ana şebekeye güç transferi yasaklanmıştı. Çevresel koşullar ve artan enerji ihtiyacı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını gerekli kıldı. 1983 yılında birçok ülkede değiştirilen enerji yasaları ile Bireysel Yerel Santrallerin enerji üretimi yasallaştı (Engineering Recommendation G59/1, 1985). 1989'da yenilenen enerji yasaları ile Elektrik Şirketlerinin ihtiyaçlarının yüzde on beşini kendi lokal santrallerinden karşılamaları desteklendi (Thomas C, 1996). Böylece Elektrik Üretim Şirketleri kişisel yerel santraller konusunda yapacakları yatırımları artırdılar. Bununla birlikte İngiltere'de 5000 MW CHP ve 1500 MW yenilenebilir enerji üretiminin lokal ile karşılanması planladı (Thomas C, 1996). Günümüzde Avrupa birili enerji ihtiyacının %20'sini yenilenebilir enerjiden karşılamaktadırç.

Bireysel Yerel Santrallerin kurulmasında dört önemli sebep vardı.

1- Boşa harcanan enerjiyi azaltarak enerji tasarrufu sağlamak.
2- Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak.
3- Talebin yoğun olduğu dönemleri daha kolay kontrol etmek.
4- Enerji dağıtım kalitesinin artmasını desteklemek.

Enerji tasarrufu için ısıtma ve enerji üretiminin birlikte yapıldığı (C.H.P.) kojenerasyon sistemler ile ısı enerjisi tasarrufu sağlanmaktaydı (G Fielding 1990). Bu

teknik gerekli sıcak su veya ısıtma enerjisinin karşılanması için oldukça pratik bir yöntemdi. Bu nedenle küçük ve orta ölçekli enerji üretim santralleri nüfusun yoğun olduğu yerlere ve endüstriyel üretim tesislerinin yanına kuruldu. Bu santraller kurulmuş olan santrallerden küçük olmakla birlikte, ısınma ve elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamaktaydı.

1960-1980 yılları arasında büyük ve merkezi mahallî santrallerden elektrik üretimi (C.E.G.B.) İngiltere için örnek modellerdi (Clark H. K, 1987). Bunun sebebi enerji iletiminin özellikle E.H.V için enerji kaynaklarının bireysel yerel santrallere taşıma ücretlerinden daha pahalı olmasından kaynaklanıyordu.

Bu nedenle, bireysel yerel santraller maden ocaklarına, petrol rafinelerine veya su kaynaklarına yakın yerlere kurulmaktaydı. Sadece büyük ölçekli bireysel Yerel Santrallerden elektrik enerji fiyatlarının düşürülmesinde yararlanılmaktaydı. Enerji kaynaklarının; kömür, petrol v.b. küçük ölçekli yerel santrallere taşıma ücretleri elektrik enerjisinin taşıma ücretlerinden daha ucuza sağlanması küçük ölçekli Yerel Santrallerin kurulumunu cesaretlendirdi. Petrolden elektrik enerjisi üretimi yüzde otuz beş verimle sağlanmaktaydı. Bu nedenle kojenerasyon sistemi ile verim yüzde doksanlara ulaştırılıyordu. Çevre kirliliğinin azaltılması, değişken petrol fiyatlarının tutarsızlığı ve lokal yüklerinin yakınına kurulan bireysel yerel santrallerin enerji taşıma ücretlerini düşürmesi küçük ve orta ölçekli yerel santrallerin sayılarında ciddi artışlara neden oldu (Jenkins, N. ve ark. 2010; Engineering Recommendation G59/1, 1985).

Çevre kirliliğinin azaltılmasına ve enerji tasarrufuna olumlu katkıları, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi elde edilmesini teşvik etti. Petrol dışı enerji kaynakları (The Non Fosil Fuel Obligation, N.F.F.O.) elektrik enerjisi fiyatlarının düşürülmesinde alternatif bir çözüm oldu. Atık gazlarının yakılmasından ve yenilenebilir enerji kaynaklarının; küçük hidroelektrik santralleri, güneş, rüzgar, gel-git, biyo-enerji gibi kaynaklardan elektrik enerjisi üretimi bireysel yerel enerji santrallerinin kurulmasını hızlandırdı. Çevre kirliliği, düzensiz değişen petrol fiyatları ve yüke yakın bölgede kurulan Bireysel Yerel Enerji Santrallerinin enerji taşıma maliyetlerini düşürmesi tüm dünyada özellikle Amerika ve Avrupa'da küçük ve orta ölçekli santrallerin sayılarının hızla artmasında büyük rol oynadı (Jenkins, N. ve ark. 2010; Redfern M.A. 1996)

Bireysel yerel santraller küçük ve orta ölçekli enerji santralleri olup ana şebeke dağıtım hatları ile paralel çalışmaktaydılar (Electricity Con 1985). Elektrik Enerjisinin yenilenebilir kaynaklardan; rüzgar, güneş, mikro hidrolik santrallerinden elde edilmesi bireysel yerel elektrik santrallerinin sayısının artmasında en önemli teşvik edici sebep olmuştu. Bireysel yerel elektrik enerji santralleri enerji kalitesini arttırmasının yanı sıra enerji üretim fiyatlarının ucuzlamasına katkı sunmaktaydı. Bireysel yerel elektrik santrallerinin yüksek sayıda ana şebeke hatlarına entegrasyonu Embedded Generation olarak adlandırıldı (IEEE ,New York, 1989). Avrupa'da Endüstriyel tesislerde en çok, sıcak su ve elektrik enerjisinin birlikte üretildiği CHP (Kombine Isı ve Güç) tercih ediliyordu. Elektrik enerjisini ana şebekeden satın almak yerine kendi kurdukları bireysel elektrik santrallerinden ısı ve elektrik enerjisini birlikte elde etmek oldukça yaygınlaşmıştı. Bu kojenerasyon tesisleri özel elektrik şirketlerine önemli fiyat avantajı sağlıyordu (IEEE özel raporu 1989).

Küçük generatörler asekron motor gibi uyartma için ana şebekeye ve güç açısının ayarlanması için de kapasitörlere ihtiyaç duyarlar (Electricity Concil,1989). Generatörler, genellikle senkron motorlar çalışma güç açısını kendi ayarladığı için kolaylıkla ana şebeke ile birlikte çalışabilirler (Electricity,London1996). Akademik alanda ve endüstride yapılan çeşitli deneylerde gömülü sistemin mevcut şebekeyi etkilediği ve şebekenin yeni duruma uygun yeniden planlanması gerektiğini sonucuna ulaşıldı (Salman, K 1996; Engineering Recommendation G59/1, 1985; Redfern M. A. 1996; USTA Ö. Ve ark. 1993).

2.1. Bireysel Yerel Santrallerin Ana Şebekeye Etkileri

Geçmişte enerji dağıtım sistemleri kendi içinde enerji üretim sistemleri ve enerji iletim sistemleri bir yanda ve kullanıcılar diğer yanda olmak üzere ayrılmıştı. Sonuç olarak bu sistem pasif sistem olarak adlandırılmıştı. Bununla birlikte gömülü sistemin ana şebekeye entegre edilmesi ile pasif sistemden aktif sisteme dönüşmüştür. Bireysel yerel elektrik santrallerinin ana şebekeye gömülmesi ile birlikte mevcut dağıtım sistemi genişlemektedir. Dağıtım sistemi oluşan yeni koşullara göre yeniden tasarlanmalı ve bununla birlikte sistemin güvenli ve verimli olması için gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Yapılan çeşitli çalışmalarda (Powell L. ve ark. 1995; Salman K.S. 1996; Redfen, 1997) bireysel yerel santrallerin mevcut sisteme gömülmesi sonucu, enerji dağıtım

sistemlerinin performanslarını birçok farklı şekilde etkilediği gösterilmektedir. Gömülü sistemler (DG)'lerin enerji dağıtım sistemlerindeki arızaların ciddi oranda artmasına neden olması dolaysıyla sistemin güvenli ve verimli çalışması için oluşan yeni duruma göre yeniden tasarlanması gerekmektedir. Bireysel yerel elektrik santrallerinin ana şebekeye entegre edilmesi sonucunda, sistemde dengeli çalışma, güvenli çalışma, harmonikler, gerilim genliğinin yükselmesi, gerilim dalgalanması gibi birçok problem oluşur. Meydana gelen bu durumlar, dağıtım sisteminin yönetilmesini ciddi oranda etkiler. Sonuç olarak, bireysel yerel elektrik santrallerinin dağıtım sistemine entegre edilmeleri sonucunda oluşabilecek arızaları ve normal olmayan durumları engellemek için yeterli ve yeni bir koruma sisteminin planlanması gerekmektedir.

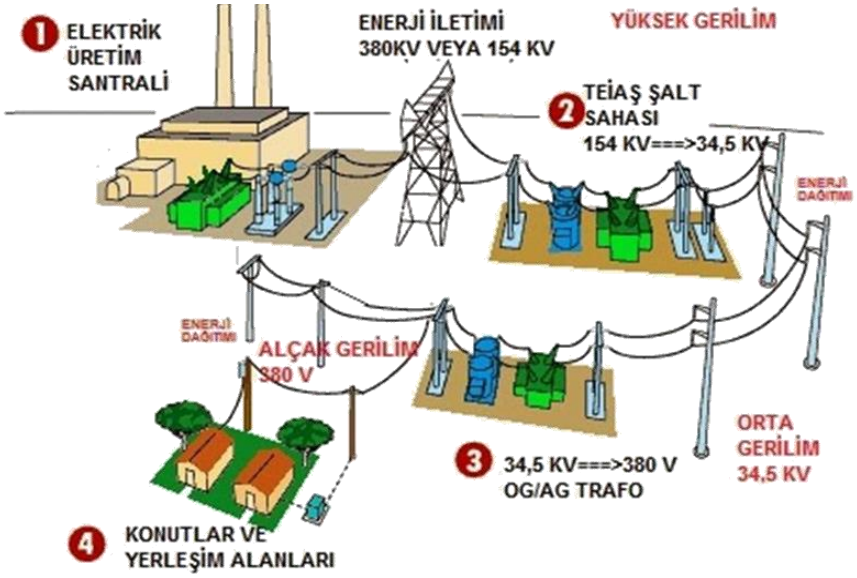
Gömülü sistem tarafında arıza veya anormal bir durum oluştuğunda ana şebekeden ayrılarak dağıtım sisteminde problem oluşturmasını engellemek için sistemden hemen ayrılması gerektiği bilinmektedir. Genelde sisteme küçük generatör entegre edildiğinde aşırı yüklenme meydana geldiği zaman özel koruma sistemi tarafından yüksek frekans ve veya alçak frekans rölesi kullanılarak açma yapılır. SCADA sistemi olduğunda lokal veya uzaktan kumanda ile kesme sinyali göndermek mümkün olmaktadır. Bununla birlikte birçok gömülü sistem güç adası tespitini de içeren koruma sistemine ihtiyaç duymaktadır (Rogers W J S, Consultant,1996). Adalaşma (Islanding) bu çalışmanın ana konusunu oluşturacaktır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Enerji Üretimi, İletimi ve Dağıtımı

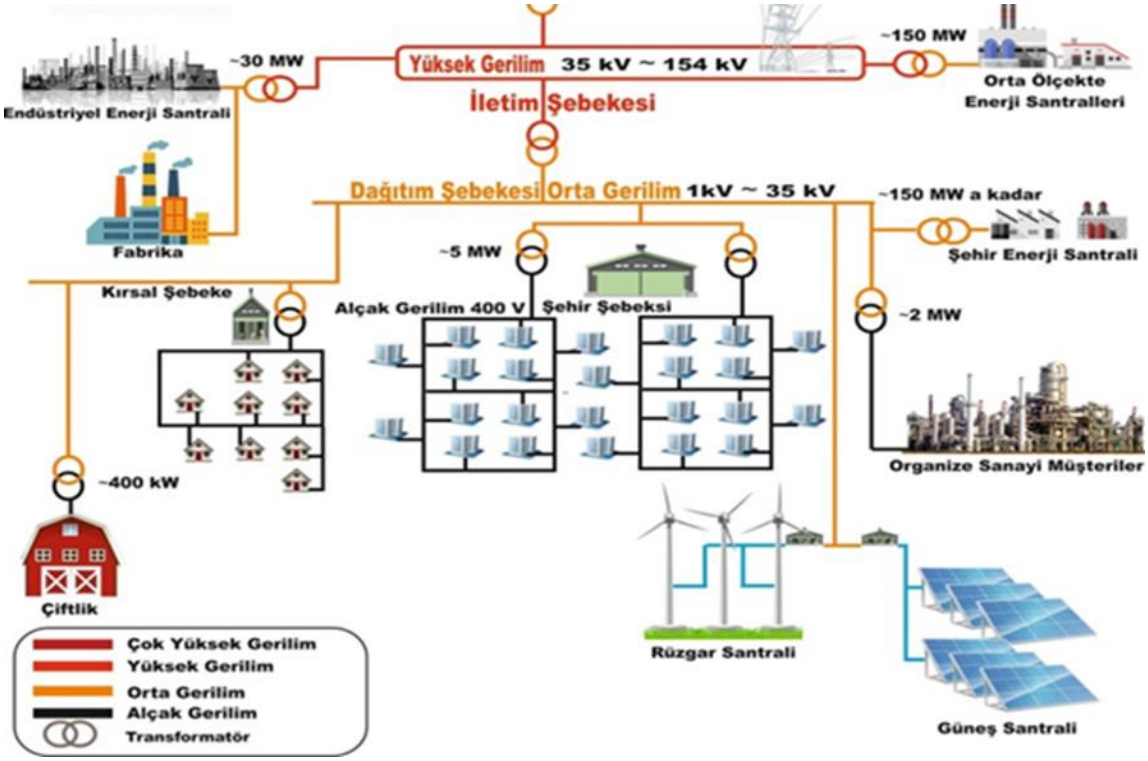
Elektrik enerji sistemleri genel olarak Üretim (Generation), İletim (Transmission) ve Dağıtım (Distribution) şeklinde incelenmektedir. Elektrik üretimi, kamu ya da özel elektrik üreticileri tarafından çeşitli türdeki elektrik santralleri ile üretilir. Amaç, her zaman kaliteli elektrik üretmektir. Sabit gerilim ve frekanstaki kesintisiz elektrik enerjisine kaliteli elektrik denir.(Kundur, 1993; Küçük, 2018)

Üretilen elektrik enerjisi, birleşik bir ağ şeklinde oluşturulmuş Elektrik İletim Şebekesi yardımı ile kullanıcılara iletilir. Elektrik iletim şebekesi; üretim tesisleri ile tüketim bölgeleri yakınlarındaki transformatör istasyonları ve transformatör istasyonları ile son tüketici arasında elektrik enerjisi iletimini sağlayan İletim (Nakil) Hatları ve kullanıcılara bağlantı sağlayan Bileşik Dağıtım Hatlarından oluşur. İletim hattından gelen ve şalt merkezlerinde gerilim seviyesi düşürülen elektriği, ev ve işyerlerine getiren şebeke Elektrik Dağıtım Şebekesidir. Elektrik enerjisi Şekil 3.1'de görüldüğü gibi üretim, iletim ve dağıtım şebekeleri eskiden bir ana üretim merkezi ve sadece ona bağlı tüketim merkezleri olacakmış gibi varsayılarak tasarlanırdı (Kundur, 1993; Küçük, 2018).



Şekil 3.1- Elektrik Enerjisi Üretimi, İletimi ve Dağıtımı

Dağıtılmış Enerji Sistemlerinin (DG)'lerin devreye girmesiyle, bu varsayım değişti. Şekil 3.2'de gösterildiği gibi, Üretim / Tüketim noktaları, bir yük akışı çalışmasının ardından aktif ve reaktif güç desteğinin gerekli olduğu noktalarda güç dağıtım sistemine yerleştirilir.



Şekil 3.2- DG'lerin Dağıtım Şebekesine Entegresi

3.2. Gerilim Değerlerine Göre Şebeke Çeşitleri

İletim hatlarında kayıpları en aza indirmek için yüksek gerilim ve veya çok yüksek gerilim ile enerji iletimi sağlanır, kent merkezlerinde yüksek gerilim dağıtım hatları ile enerjiyi dağıttıktan sonra, gerilim düşürülerek alçak gerilim hatları ile tüketicilere ulaştırılır. Geleneksel enerji iletim ve dağıtım sistemi radyal yapıya sahiptir (Küçük, 2018)

3.2.1. Alçak Gerilim Şebekeleri

0.1 kilo-Volt ile 1kilo-Volt arası gerilime sahip olan şebekelerdir. Bu şebekeler dağıtım trafolarından kullanıcılara (abone) kadar olan hatlardan oluşur. Düşük gerilim

hatlarının yalıtımı ve korunması kolay olduğu için tüketicilere yakın kısımlarda kurulur. Ülkemizde alçak gerilimin, anma değeri faz-nötür 230 V ve faz-faz 400 V'tur.

3.2.2. Dağıtım Şebekeleri

Dağıtım şebekeleri 1 kV ile 35 kV arasında şehir merkezlerindeki yüksek gerilim iletim hatlarıdır. Bu şebekeler yüksek gerilim iletim hatlarından gelen gerilimi trafolar yardımıyla 35 kV sevyesine indirerek dağıtım şebekeleri aracılığıyla tüketicilere elektrik enerjisini dağıtmak amacıyla tasarlanmıştır. Dağıtım hatları elektrik enerjisini konutlara ve sanayi bölgelerine ulaaştırmak için kullanılır. Türkiye'de kullanılan dağıtım şebekelerinde 33 kV'lık gerilim seviyesi tercih edilmektedir.

3.2.3. Yüksek Gerilim İletim Hatları

Yüksek gerilim iletim hatları 35 kV ile 154 kV gerilim aralığında enerjiyi santrallerden şehir merkezlerine en az kayıpla taşıma amacı ile tasarlanmıştır. Yüksek gerilimler enerjiyi özellikle uzak bölgelere taşımak için uygun gerilimlerdir. Türkiye'de yüksek gerilim değerleri 66 kV ve 154 kV olarak seçilmiştir.

3.2.4. Çok Yüksek Gerilim İletim Hatları

Çok yüksek gerilim şebekeleri 154,000 V'un üstündeki gerilim seviyesini kullanan elektrik iletim hatlarıdır. Uzun mesafeler ve santraller arası bağlantı için çok yüksek gerilim şebekeleri tesis edilir. Türkiye'de çok yüksek gerilim olarak 400kV kullanılmaktadır. Teknolojisi yüksek, ülkelerde 500 kV ve 750 kV'a kadar gerilimler kullanılmaktadır.

3.3. Mesafelere Göre Şebekeler

Biri birine olan mesafelere göre tasarlanan iletim hatlarında aşağıdaki gerilim seviyeleri kullanılır (Küçük,2018).

• 10 km'ye kadar olan mesafelerde 3.000 V -10.000 V (Türkiye'de tercih edilmez).

• 20 ile 30 km arasındaki mesafelerde hatlarda 10.000 V-20.000 V(Türkiye'de tercih edilmez).

• 30 ile 70 km arasındaki mesafelerde 20.000 V – 35.000 V

• 70 ile 150 km arasındaki mesafelerde 60.000 V – 100.000 V

• 150 ile 230 km arasındaki mesafelerde 100.000 V – 154.000 V

• 230 km'den fazla mesafelerde ise çok yüksek gerilim seviyeleri kullanılır.

3.4. Dağıtım Şekillerine Göre Şebeke Çeşitleri

Dağıtım şekillerine göre en uygun olan ve kullanılan şebeke sistemleri şunlardır; (Küçük, 2018)

• Dallı şebekeler

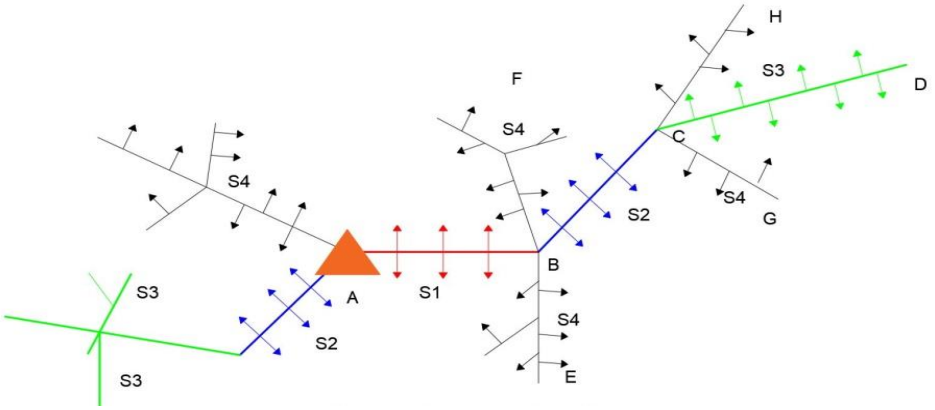
• Ring şebekeler

• Ağ gözlü şebekeler

• Enterkonnekte şebekeler

3.4.1. Dallı Şebekeler

Radyal yapıya sahip dallı şebekeler,yerleşim bölgeleri; şehir merkezleri, köy ve kasabalarda genellikle aynı kaynaktan beslenen ve dağılım şekli ağaç dallarına benzeyen şebeke türüne denir. Dallı şebekelerde elektrik enerjisinin iletileceği bölgenin yük bakımından ağırlık merkezlerine dağıtım trafoları konumlamdırılır. Bu trafonun etrafındaki alıcılara (sokak armatürleri, konutlar, mağazalar vb.) elektrik, ağacın dalları gibi önce kalın kollara sonrasın da ince kollara ayrılarak son aboneye kadar ulaşır.



S1 > S2 > S3 > S4

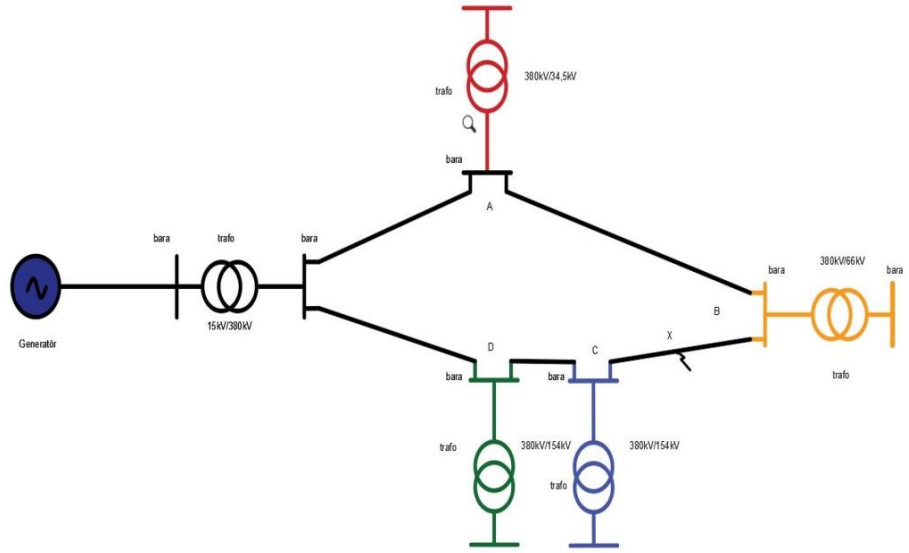
Şekil 3.3-Dallı Şebeke

Dallı şebekelerde güç trafosuna yakın olan kısımlarda kullanılan kalın kesitli hatlara ana hat denir. Güç trafoların dan uzaklaştıkça incelen kollardaki ve son kullanıcıya kadar iletilen dağıtım hatlarına (dallara) ise branşman hatları denir. Şekilde de görüldüğü gibi turuncu trafo sembolü ile gösterilen trafodan farklı dallar çıkmıştır. Kırmızı, mavi ve yeşil olarak gözüken dallar ana hatları göstermekte, onlardan sağa ve sola budaklanan dallar ise branşman hatlarını göstermektedir. Yine görüldüğü gibi tek bir kaynaktan beslenmektedir.(Küçük,2018)

Dallı şebekeler, ucuz maliyetli olması, bakım ve işletiminin basit olması ve oluşan arızaların kolay çözümlenmesi sebebiyle tercih edilebilir. Avantajlarının yanında dezavantajları da vardır. Dallı şebekelerde güvenlik azdır. Bu tür şebekelerde koruma sistemleri genel olarak sigortalar, aşırı akım röleri ve termik,manyetik şalterlerden oluşur. Bir arıza olduğunda arıza sonrasındaki tüm aboneler enerjisiz kalabilir. Ayrıca her hat farklı gerilim seviyelerinden oluşabilir. Dağıtım trafosundan uzaklaştıkça gerilim düşümü artığından hat sonlarında gerilim azalmaktadır.

3.4.2. Ring Şebekeler

Yerleşim merkezlerinde ve sanayi merkezlerinde uygulanan, beslemenin birden fazla güç trafosu ile yapıldığı ve tüm güç trafolarının birbirine paralel olacak şekilde, kapalı bir sisteminden oluşan şebeke tipine ring şebeke denir.

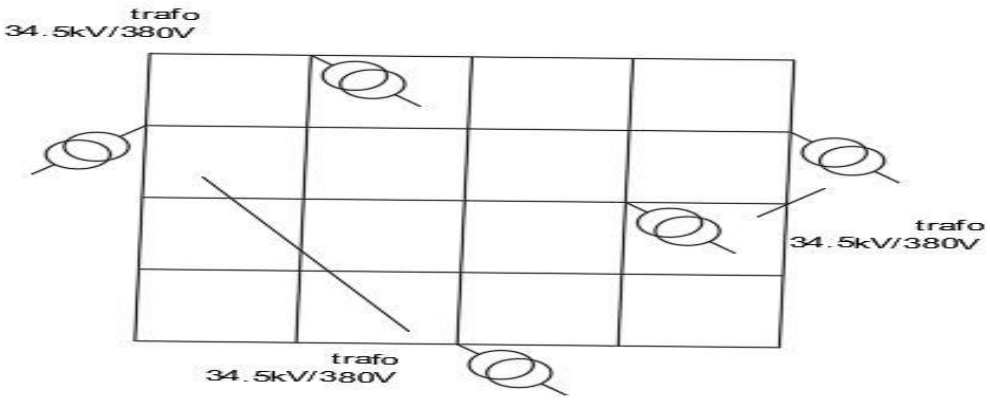


Şekil 3.4-Ring Şebeke

Ring şebekelerde besleme birden fazla trafo ile yapıldığı için ring içerisinde bir arıza olması halinde sadece arıza olan kısım devre dışı kalır, çok fazla alıcı enerjisiz kalmaz. Ayrıca tesis maliyeti yüksektir.

3.4.3. Ağ Gözlü Şebekeler

Enerjinin iletilmesi gereken yerleşim birimlerine uygulanan, birden fazla trafo ile enerjilendirilen ve alıcıları besleyen hatların bir ağ şeklinde örülerek gözlerden oluşan şebeke tipidir.



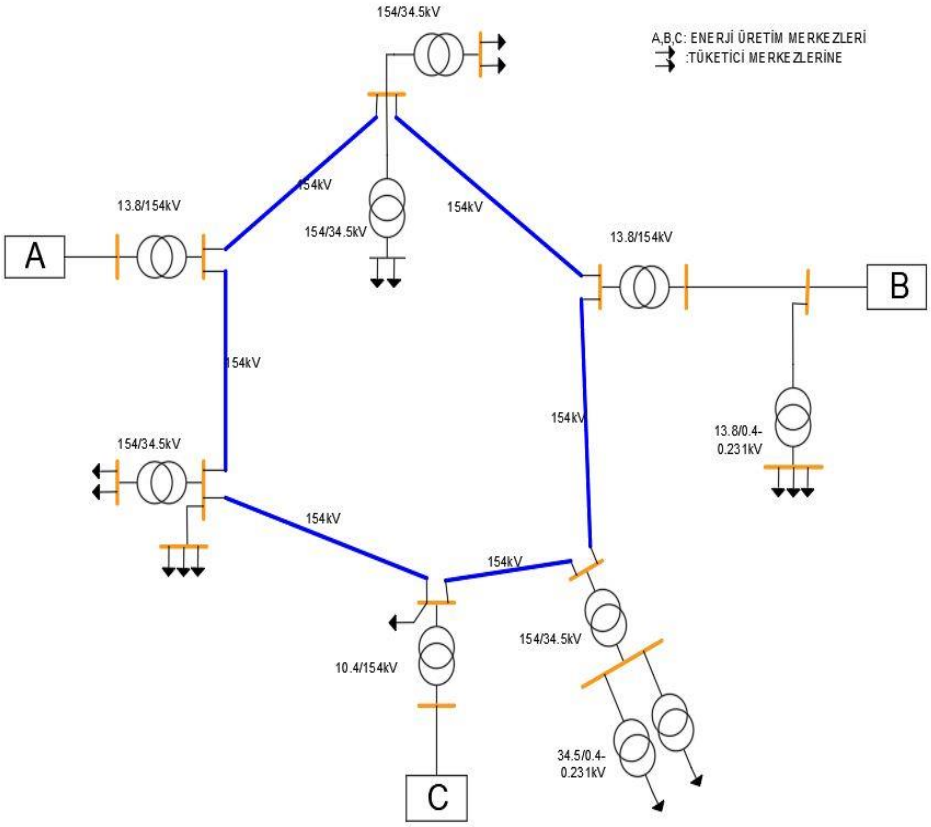
Şekil 3.5- Ağ Gözlü Şebeke

Ağ gözlü şebekelerde enerjilendirilme sürekli trafolar aracılığıyla yapılır ve bir kısa devre arızası meydana geldiği zaman sadece arıza olan kısm etkilenir. Arıza

oluştuğunda sigorta veya koruma elemanları devreye girer. Bu tür şebekeler de yine kesintisiz enerji sağlandığı gibi sisteme güçlü alıcılarda bağlanabilir. İşletilmelerinin zor ve bakımlarının maliyetli olması ve kısa devre akımı etkisinin büyük olması da dezavantajlarıdır.

3.4.4. Enterkonnekte Şebekeler

İngilizce'de (interconnect) (sistemin tamamını içten içe bir birine entegre eden) anlamında tanımlanır, bir ülkenin veya yerleşim bölgelerinin elektrik ihtiyaçlarını karşılamak için o bölgenin bütün elektrik santralleri, trafo merkezleri ve tüketicileri arasında kurulmuş olan sisteme enterkonnekte sistem denir. Bu tip şebekelerde, o bölgedeki elektrik üretim ve tüketim ile ilgili tüm teçhizat, büyük küçük ayrımı yapılmaksızın sisteme dahil edilmektedir.



Şekil 3.6-Enterkonnekte Şebeke

Elektrik enerjisinin üretildiği şehir merkezlerinin uzağında kurulan üretim santralleriyle tüketim merkezleri (şehir merkezleri, köy, kasaba ve sanayi merkezleri) arasındaki bağlantı, elektrik iletim hatlarının kullanıldığı enterkonnekte sistemle sağlanır.

Yüksek gerilim ile enerji taşınması sırasında, tasarruf sağlamak için enterkonnekte sistemler kullanılır. Enerji kaybı gerilim seviyesiyle ters orantılı olduğu için enerjiden, hat miktarı azaldığı için yerden, şebekedeki bakım masrafları azaldığı için de bütçeden tasarruf edilir. Örneğin 1000 MW'lık bir enerji santralin ürettiği elektriği iletmek için 380.000 V'luk gerilim düzeyi yerine, aynı amaç için 154 kV'luk altı hat veya 66.0000 V'luk 30 hat kullanılması gerekir. Arıza sırasında veya bakım onarım sebebiyle herhangi bir teçhizatın devre dısı kalması anında sistem yedeklenmis oldugu için ilgili bölgeye enerji diğer bir kaynaktan baglantı hatları ile aktarılabilir ve olası bir elektrik kesintisinin önüne geçilmis olur.

Üretimin, iletimin, dagıtımın ve bölgeler arası yük degişiminin kontrolü yük tevzi merkezlerinde yapılmaktadır. Bu kontrolün sağlıklı bir şekilde yapılması için sürekli-hal yük akış durumu bilinmelidir. Bu nedenle tüm sistem bir ağ olarak modellenerek bilgisayar programları vasıtasıyla yük akışı analizleri yapılmaktadır (Kundur,1993;Küçük, 2018;Şerifoğlu, 2014;Ramasamy, 2002;Uslu, 2008).

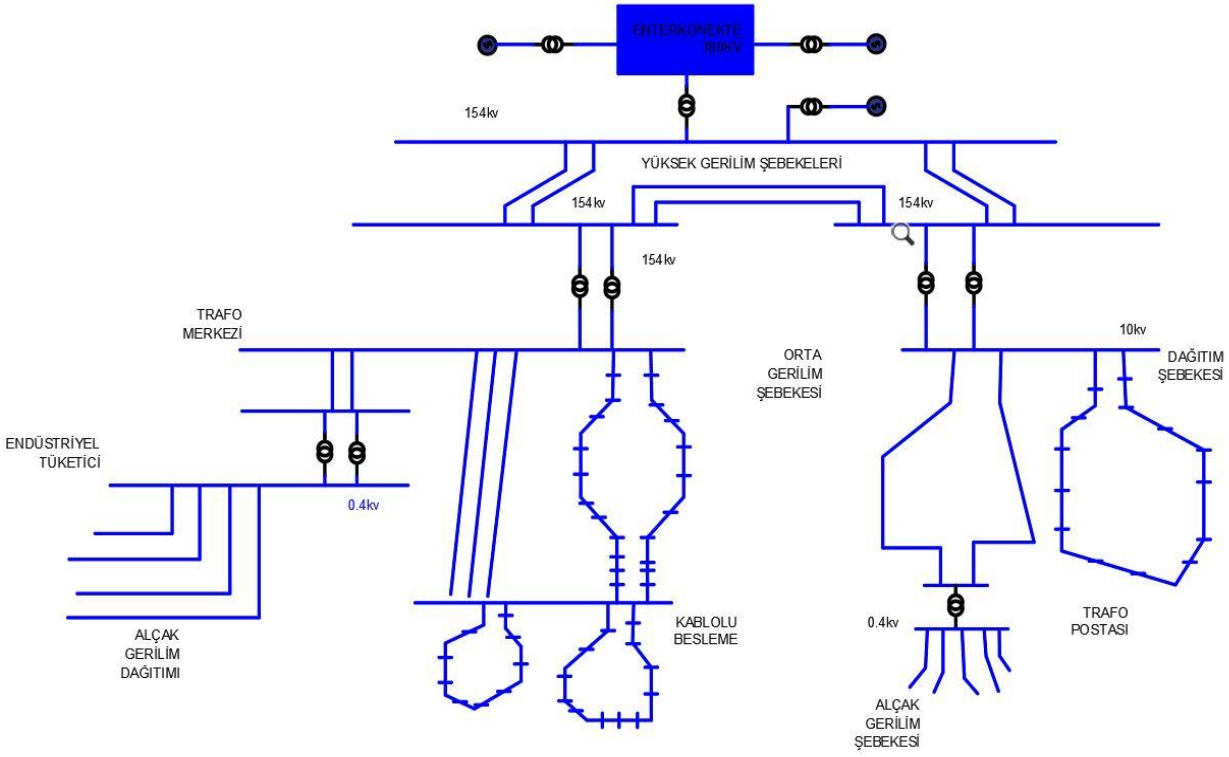
Güç sistemlerinin planlanması tasarımı ve işletilmesi, performansının gelistirilmesi, sistemin güvenligi, verimi ve ekonomikliği açısından dikkatli ve ayrıntılı çalısmaları gerekir. Enterkonnekte güç sistemleri binlerce bara ve teçhizattan oluşan karmaşık bir sistem bütünüdür. Bu sistemlerde kaliteli ve kesintisiz güç iletimi sağlanması için yük akış analizi, empedans modellemesi, kısa devre analizi, geçici kararlılık analizi, güç faktörü düzeltilmesi, harmonik analizi, flikır analizi, izolasyon koordinasyonu, topraklama şebekesi analizi gibi bir çok çalışma ve araştırma yapılması bir zorunluluktur (Kundur, 1993;Küçük, 2018;Şerifoğlu, 2014;Ramasamy, 2002;Uslu, 2008).

Enterkonnekte sistemlerin kesintisiz enerji verebilme, verimli ve ekonomik olması gibi avantajları ile birlikte kısa devre akımının yüksek oluşu ve sistem kararlılığının oluşturulmasının zor oluşu gibi sakıncalarıda vardır. Bu sistemlerin

önemli avantajı bir arıza olduğunda arızalı kısmın enerjisi kesilince, geri kalan bölgelerdeki santral ve trafolar alıcıları beslemeye devam eder. (Kundur,1993; Şerifoğlu,2014; Ramasamy, 2002)

Türkiye kendi enterkonnekte sistemini kurmuştur, bu sisteme dahil yaklaşık tam kapasiteyle çalışan 360 kadar elektrik enerjisi üreten santral vardır. Bütün bu santraller enterkonnekte şebeke aracılığıyla birbirlerine paralel bağlıdır. 40428,5 km uzunluğundaki enerji nakil hatları ile bu santraller ve yerleşim birimleri arasında bir ağ şeklinde tesis edilmiştir.

Türkiye'deki enterkonnekte sistem diğer ülkelerin şebekelerinede entegre edilmiştir . Bu bağlantılardan elektrik alışverişi yapılabilmektedir.



Şekil 3.7 Enterkonnekte Şebekede İletim Sistemi

Dağıtım şebekeleri üzerine yapılanaraştırmalar neticesinde Enterkonnekte şebekelere, Dağıtık Enerji Santrallerinin (DG)'lerin entegre edilebilmesi uygun ve elverişlidir.(Teiaş, 2014;Öncü, 2018)

Teknolojinin günün ihtiyaçlarına göre hızla şekillenmesi sayesinde elektrik enerjisine olan ihtiyacımız çok çeşitli enerji kaynaklarından elde edilebilmektedir. Dünyadaki ve ülkemizdeki enerji sistemi yapısı gözden geçirildiğinde, enerji arzının artması sonucunda, iletim sistemine entegre santrallerin yanı sıra dağıtım sistemine gömülen üretim santrallerinin sayısı artmaktadır(Teiaş, 2014). Küçük ve orta ölçekli bireysel yerel santrallerin teknik ve ekonomik açıdan kurulabiliyor ve işletilebiliyor olması, coğrafya üzerinde dağınık bir şekilde yer alan yenilenebilir enerji kaynaklarının, elektrik enerjisi üretiminde kullanılmasına imkan tanımaktadır.

Akıllı şebeke (Şekil 3.8) alt yapısı ve onun getirdiği çift yönlü enerji aktarımı, etkin ve hızlı hata kontrolü gibi özellikler sayesinde yerel enerji kaynakların (rüzgar, güneş, jeotermal vs) verimli kullanılarak tükenmekte olan fosil yakıtların yerine alternatif enerji kaynakları olmasına olanak tanır. Bununla birlikte çevre kirliliği probleminin çözümünede ciddi katkı sunar. Dağıtık Enerji (DG) Akıllı Şebeke sistemlerinin kurulmasından sonra enerjiye dayalı bir çok problemin çözümünde önemli bir miheng taşı olacaktır (Çetinkaya H.B. 2009;Taşpınar M. 2010).



Şekil 3.8-Akıllı Şebeke Örneği

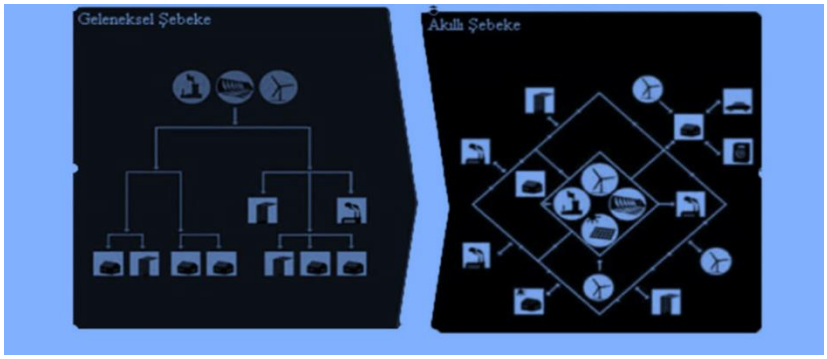
Teknolojik gelişmelerin güncel ihtiyaçlara göre hızla gelişmesi sayesinde elektrik enerjisine olan ihtiyacımız, çok farklı enerji kaynaklarından temin edilebilmektedir. Dünyadaki ve ülkemizdeki şebeke sistemi yapısı değerlendirildiğinde, enerji arzının artması sonucunda, iletim sistemine dahil edilen üretim santralleri ile birlikte, dağıtım sistemine entegre üretim santrallerinin dağıtık

enerji (DG) santrallerinin sayısı da hızla çoğaltmaktadır. Küçük ve orta ölçekli bireysel yerel santrallerin teknik ve ekonomik açıdan kurulabiliyor ve işletilebiliyor olması, coğrafya üzerinde dağınık bir şekilde yer alan yenilenebilir enerji kaynaklarının, enerji üretiminde kullanılması, elektrik enerjisinin problemlerinin çözümlenmesine katkı sunmaktadır.

Akıllı şebeke alt yapısı ve DG'lerin sisteme entegre olması sonucunda oluşan çift yönlü enerji akışı, etkin ve hızlı arıza kontrolü gibi özellikler kazanacak modern şebeke sistemleri sayesinde yerel enerji kaynakları (rüzgâr, güneş, jeotermal vs) gibi yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtlara alternatif enerji kaynakları olmanın yanı sıra çevresel sorunları azaltmada önemli rol oynayacaklardır.

3.4.5. Akıllı Şebekeler

Elektrik şebekeleri günümüzde oldukça karmaşık yapıdadır özellikle DG'lerin sisteme entegre edilmesi ile yeni bir yapı kazanan şebekelerin verimli bir şekilde yönetilmesi günümüzün en önemli problemlerinden biridir. Bu sorunları en aza indirmek için düşünülen birçok akıllı şebeke uygulaması tesis mühendisleri ve akademisyenler tarafından tasarlanmaktadır. Temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması, güneş enerjisinin site ve bina ölçeğinde kullanımının artması dolayısıyla bunların şebekeye entegre edilmesinin doğuracağı sorunlar ile, yakın gelecekte elektrikli hibrit araçların yaygınlaşacak olması ve mikro türbinler gibi yenilikler akıllı şebekelerin gelecekteki tasarımına yön verecektir. Bugün sahip olunan teknoloji ile geleceğin akıllı şebeke uygulamaları gerçekleştirilecektir.



Şekil 3.9-Geleneksel Şebeke ve Akıllı Şebeke

a)Klasik (Geleneksel) Şebeke: Geleneksel şebekeler (Şekil 3.9) radyal bir yapıya sahiptir. Merkezi bir elektrik üretim santralinde üretilen elektriğin gerilim

seviyesi yükseltilerek iletilmesini, sonrasında kademeli olarak gerilim seviyeleri düşürülerek dağıtılmasını ve son kullanıcıya ulaştırılmasını sağlayan, otomasyon kullanılmayan elektrik dağıtım sistemleridir.

b) Akıllı şebeke: Akıllı şebekeler son yıllarda önem kazanan konulardandır. 1890'lı yıllardan bu yana enterkonnekte çalışan şebekelere DG'lerin entegre edilmesi ve 21.yy'ın bilgisayar ve ağ teknolojisi kullanılarak kayıpların ve arızaların en aza indirileceği enerji kalite ve verimini arttıran çevre dostu şebeke sistemine "Akıllı Şebeke" (Smart Grid) denilmektedir.

3.5. Dağıtık Üretim (DG)

Son zamanlarda, Türkiye ve dünya çapında elektrik sistemi, nüfus artışından ve alışkanlık değişimlerinden kaynaklanan elektrik talebinin artması nedeniyle birçok değişiklik yaşadı. Bu büyümeyi talep doğrultusunda sağlamak için, güneş, rüzgar ve biokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları araştırmaları tüm dünyada ve ülkemizde artmaktadır. Türkiye'de, yenilenebilir enerjinin en belirgin kaynaklarından biri, fotovoltaik sistemlerdir.

Bununla birlikte, bu sistemlerin birçoğu, tüketim merkezlerinin yakınındaki elektrik dağıtım sistemlerine bağlanmalıdır. Böylece, bunlar dağıtılan üretim nesli sistemi olarak adlandırılmışlardır çünkü müşterilerin yüzlerce kilometre iletim hattı ile büyük bir hidroelektrik santrali bulunmasının tersine, onlara yakın birçok küçük enerji üretim sistemi mevcuttur.

Dağıtık nesil doğru bir şekilde uygulanırsa, enerji iletim sistemlerinde güvenilirlik artarsa elektrik sistemine birçok faydalar sağlar bununla birlikte enerji iletim hatlarında kayıplar ciddi oranda azalır. Bu santraller sisteme tasarım ve çalışma anlamında çeşitli sorun ve karmaşıklıklar oluşturdular. Bu sistemlerde en önemli sorun iletim sistemlerinde güç adalarının oluşmasıdır (Engineering Recommendation G59/1, 1985).

3.5.1. Dağıtılmış Üretim Nedir?

Dağıtılmış Üretim (DG) veya geleneksel sisteme gömülü Bireysel Yerel Üretim Santralleri (Embedded Generation) sayılarının fazlalığı ve bağlantı noktaları ile

geleneksel şebeke sistemi ile bağlantılı bir kavramdır. Bireysel yerel üretim santralleri bağlantı noktalarında Ana şebeke ile paralel bağlanarak geleneksel sistemin aksine çift taraflı yük akışına olanak tanımanın yanında enterkonnekte sistemin bir parçası haline gelen Dağıtık Üretim santralleri olarak tanımlanırlar. Bu konsepti sürdüren Bireysel Yerel Üretim Santrallerine; Dağıtık Üretim Santralleri (Distributed Generation) (DG) olarak adlandırılır.

Dağıtık Üretim (DG) 5 kVA'den daha küçük güçlerden 25,000 kVA' ya kadar bazen daha büyük türbinlere ve dizel generatörlere kadar farklı güçlerde olabilmektedir. 25,000 kVA seviyesi genellikle en üst aralık olarak kabul edilmektedir. Bu aralık küçük, orta ve büyük bireysel üretim santralleri olarak incelenmektedir (Jenkins N 1995; Bergen A.R. and Vittal V 2000). Büyük güçte olanlar kapasite olarak 1000 kVA ile 10,000 kVA arasındaki dizel jeneratörlerdir. Bazı santraller yıl boyunca ana üretim santrali olarak tasarlanmışken bazıları sadece enerjiye yoğun ihtiyaç duyulduğu zaman aralıklarında kullanılmaktadırlar (Muller L. ve ark. 1990). Büyük güçte olanlar genelde sanayi bölgelerindeki fabrikalar için ve veya enerji dağıtım sistemine özel üretim yaparak katkı sunan bireysel yerel santraller olarak tasarlanmıştır. Küçük güçte olanlar ise bireysel evler ve küçük işletmeler gibi yoğun dağınık uygulamalar için tasarlanmıştır (Koeppel G. 2003), aralıkları 1500 kW ile 5000kW arasındadır. Bu tip santraller dağıtım şebekesi ile paralel çalıştığında gerilim ölçümleri daima müşteri tarafında yapılır. Bir evin tüm ihtiyacı veya bir işletmenin bazı ihtiyaçlarını karşılamak üzere bu sistemler tasarlanır (Mozina C.J..2001;Hodgkingson. G. 1998).

DG uygulamalarında Güneş fotovoltaik (PV), dizel motorlar, gaz türbinleri, biokütle, küçük hidroelektrik jeneratörler, rüzgar tribünleri gibi çok çeşitli üretim teknolojileri kullanılmaktadır. Bazı DG üniteleri doğal gazdan ve petrolden elektrik enerjisi (CHP) üretmekle birlikte atık enerjiyi ısı enerjisine çevirerek ısınma amaçlı kullanır kojenerasyon (Jenkins N. 1995; Ackermann T. and Knyazkin V;Ye. Z. et al 2003)

3.5.2. Dağıtık Üretim Santrallerinin Ana Şebekeye Entegre Edilme Sebepleri

Dağıtık güç sistemleri kamu veya bireysel müşteriler tarafından işletilebilir enerji güç sistemlerine bir çok yönden katkı sunabilir. Dağıtık üretim tesisleri enerji maliyetlerini düşürmenin yanında sistem güvenirliğini artırabilir. Bununla birlikte çevre kirliliğini azaltırken enerji kalitesinin artmasına sebep olur(Burton T. et al. 2001;Dugan. R.C. and Mc Dermott. T.E. 2001).

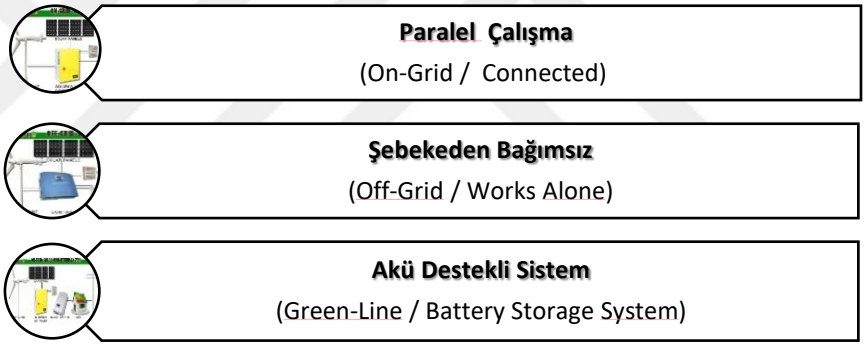
Geniş çaplı elektrik kesintisi olduğunda lokal yükler DG'lerden beslenmeğe devam edeceği için, lokal yükler için enerji sürekliliği sağlanmış olur. Fakat ana şebekeden ayrılan her bireysel yerel santral bir güç adası oluşumuna sebep olur. Bu durum adalaşma (Islanding) olarak tanımlanır. Bu durum bireysel yerel santrallerin lokal yükleri besleyeceği yeterli üretime sahip olmasının yanında dağıtım sisteminin kontrol eden sitemin yeterli olmasını gerektirir (Öhrström. M. 2003). Farklı kaynaklar kullanılarak üretim yapan generatölerin yakıt seviyelerinin sınırlı olması veya yeterli güvenlik seviyesine sahip olmaması başarılı adalaşma (islanding) çözümlerine rağmen DÜ'lerin istenilen faydayı sağlamasına engel diğer bir olasılığı oluşturur (Kashem M.A. and Ledwich. G 2002;Fickert. L. 2003).

Hızla artmakta olan elektrik enerji ihtiyacını DG'lerden sağlamak lokal yüklere yakın olması nedeniyle gerek kamu gerekse özel üreticiler tarafından yapılan yatırımların maliyetlerinde ciddi avantajlar elde edilir. Yerel santraller lokal yüklere yakın olması nedeniyle enerji kayıplarının azalmasında katkı sunar(Ye Z. et al. 2003).

Amerika'da yeni neslin eski nesille değiştirilmesi durumunda % 30 değişikliğin devletin enerji kaybını % 15 azaltacağı tahmin edilmektedir. Bu durum, altı milyar kilowatt-saat enerji tasarrufuna karşılık gelmektedir (Bergen A.R. and Vittal. V. 2000). Diğer taraftan bireysel yatırımcıların kendi tesisleri kurmaları devletin kârını düşürmekle beraber yatırımcılarına uzun vadeli enerji maliyeti istikrarı ve bazı durumlarda tasarruf sağlar (Bergen A.R. and Vittal. V. 2000). Güneş enerjisi kaynak olarak kullanılırsa çevre kirliliğinin azalmasına büyük katkı sunar. Kesintisiz enerji sağlayan DG'ler kırpışma, gerilim regülasyonu gibi sorunları çözerek enerji kalitesinin artmasını sağlar (Tran-Quoc T., 2000).

3.5.3. Bireysel Yerel Santrallerin Sınıflandırılması ve Şebekeye Entegrasyonları

Bireysel Yerel Santrallerin gruplandırılması ve Ana şebekeye gömülmesi, paralel çalışması Şebeke Destekli ve Şebekeye Paralel DG sistemleri tarafından oluşturulacak besleme entegrasyonları, olası sorunları gündeme getirmektedir. Birleştirme, entegre öncesi bu sorunların tespit edilmesi, sistem işletmecisine, bireysel yerel santral tesisi sahibine ve dağıtım kısmındaki kullanıcılara önemli katkılar sağlayacaktır. Sorunların saptanması tasarlanmış sistem analizleri yolu ile t. DG'nin hangi noktadan dağıtım sistemine entegere edilmesi gerektiği, gerilim ve güç kontrolünün nasıl yapılması gerektiği, kıprışma ve harmonik etkiler varsa bunların nasıl engellenebileceği, üretim santrallerinin tesisin bağlandığı kısımda oluşturacağı kısa devre katkısı ve sisteme etkileri bu analizler yolu ile belirlenip, gerekli önlem ve çözümler üretilmelidir.



Şekil 3.10-Dağıtık Üretim Sistemlerin Sınıflandırılması

3.5.4. DG'lerde Adalaşma (Islanding)

Dağıtılmış senkron generatörlerin koruma sistemleri mutlaka adalaşma durumunu tespit etmeli ve ana şebeke koruma kurallarını yerine getirmelidir. Dağıtık generatörler herhangi bir arıza meydana geldiğinde ana şebekeden ayrılarak adlaşma (islanding) durumunu oluşturur. Adalaşma meydana geldiğinde bireysel yerel santraller enerji üretmeye devam etmekte olduğu için hatlarda enerji akışı devam etmektedir. Bu durum ana şebekenin kaybı olarak bilinir (Loss of Main; Jenkins N. 2000; Bergen, A.R. Vital, V., 2000;Muller , Boog, 1990). Lokal hatlara ana şebekeden akan yük akışı durmasına karşın sistem lokal genaratörler tarafından beslenmeğe devam etmesi çeşitli güvenlik risklerine sebep olur. Sistemde enerji olması hattı onarmaya gelecek olan

personel için hayati risk oluşturmasının yanı sıra, sistemdeki arz kalitesinin düşmesine ve lokal generatör ve yüklerin zarar görmesine sebep olur. Bu riskleri en aza indirmek için gerekli koruma sistemi hemen devreye girip adalaşmayı engellemelidir.

Bugüne kadar yapılan uygulamalarda adalaşmanın 200-400 ms arasında tespit edilmesi gerekliliği saptanmıştır. Bu koşulları yerine getirmek için her dağıtılmış bireysel yerel santral buna uygun bir koruma sistemi ile donatılmalıdır. Vektör dalgalanma (gerilim değişim oranı tespit) röleleri bu amaç için kullanılmaktadır. (Dispersed Generation, CIRED, CIRED Working Group 4, 1999; Jenkins N ve arkadaşları 2000;Embedded Generation, London, 2000). Bu röleler sanayide büyük kabul görmüştür.

Tüm dağıtılmış senkron generatörler röle üreticilerinin tavsiyelerine ve elektrik şebekesinin frekans açma kurallarına göre yapılır (IEEE standard, 2003). Vektör dalgalanma ve frekans röleleri sistem frekans sapması koşulunda çalıştığı için rölelerden sadece biri kullanılarak koruma sistemi dizayn edilirse özellikle küçük güçteki generatörlerin korumasında ciddi tasarruf sağlanmış olur ve koruma sistemi oldukça basit hale gelir.

Diğer önemli bir sorun röle koruma gerekliliğindeki çelişkilerdir. IEEE standartları küçük gerilim değişikliklerinde DG'nin bağlantısının kesilmemesini önerir (IEEE standard, 2003). Röle bu gereksinmeleri karşılayacak şekilde ayarlanmışsa adalaşma koşullarını istenen sürede tespit edemeyebilir. Diğer yandan röle hassas ayarlanmışsa küçük frekans değişikliklerinden dolayı DG'yi açtırabilir.

3.6. Güç Sistem Koruması

Güç sistemlerinin temel koruma ilkeleri standart kaynaklarda belirtilmiştir (Bergen, A.R. Vital, V. 2000; Muller L. Boog E. 1990; Geidl M. 2005). Güç sistemlerinde tasarlanan koruma sistemlerinin asıl amacı elektrik tesislerindeki teçhizatları güvenli çalıştırarak insanların, personelin ve ekipmanın güvenliğini sağlamaktır. Bununla birlikte, meydana gelen elektrik arızalarının güç sistemindeki olumsuz etkilerini en aza indirmektir. Elektrik şebekelerinde meydana gelen kısa devre arızaları sonucunda oluşan aşırı akım ve gerilimler personel, insanlar ve ekipmanlar için tehlikeli sonuçlar meydana getirebilir (Geidl M. 2005).

Örneğin; paralel çalışacak elektrik şebekelerinin eş zamansız eşleşmesi (senkronize olmaması) yüksek akımlara neden olur.

Toprak arızaları, yüksek dokunma gerilimlerine neden olacağından, insanların ve personelin hayatlarını tehlikeye sokabilir.

Genel sorun, daima gerilim ve / veya akımın limit değerlerini aşmasıdır.

Bu nedenle, elektrik güç sistemlerinin güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için, elektrik enerji sistemlerinde aşırı akım ve gerilimlere karşı sağlıklı koruma sistemleri tasarlanmalıdır.

Diğer bir konu, ekipmanlar da ortaya çıkan mekanik sel olaylardır. Elektriksel güç elektromekanik olarak dönüştürülüyorsa, sadece elektriksel parametreler değil mekanik ekipmanların güç sistemlerinde elektriksel parametreler üzerinde oluşturacağı etkileşimler de dikkate alınmalıdır. Örneğin, transformatörlerin yağının ısınması, senkron generatörlerde atalet momenti v.b. Günümüzde elektromekanik koruma cihazları mikroişlemci tabanlı röleler ile değiştirilmiştir. Akımlar, gerilimler, hat uzunlukları, dijital forma dönüştürülmüştür. Bu değerler kesicilerin açma kararlarına ulaşan çeşitli algoritmaların içine dahil edilmiştir. Koruma sistemlerindeki dijital röleler hakkında daha fazla bilgi (Muller L. and Boog E. 1990; Bergen A.R. and Vittal. V. 2000) kaynaklardan bulunabilir. Enerji iletim sisteminde yer alan koruyucu rölelerin tasarımı ve koordinasyonu için genel kurallar geniş çapta kabul görmüştür. Röle dizaynında önemli olan seçicilik, koordinasyon, derecelendirme, güvenirlik, alan koruması gibi hususlar aşağıda açıklanmakla birlikte, geniş bilgiler ilgili kaynaklardan sağlanabilir.

Seçicilik: Bir koruma sistemi sadece arızalı bölgenin bağlantısını kesmeli yada arızanın oluştuğu en küçük parçayı şebekeden ayırmalıdır. Enerji sisteminin, oluşan arızadan en az etkilenmesi için röle seçiciliğinin doğru tasarlanması bu nedenlerle önemlidir.

Koordinasyon: Bir koruma sisteminin işlevini yerine getirmesi için özen göstermelidir, oluşabilecek farklı durumlar için röleler ile gereksiz koruma tasarımları

değerlendirilip, farklı koruma ilkeleri birleştirilebilir. Örneğin; Hatlar için mesafe ve diferansiyel koruma ilkeleri birleştirilerek kullanılır.

Derecelendirme: Röle koruması sisteminin gereksiz veya yanlış açma yapmaması için röle koruması derecelendirilmelidir. Böylece koruma sisteminin güvenirliği artırılmalıdır.(Geidl M. 2005)

Güvenilirlik: Röleler, yanlış açmalar ile sağlıklı çalışan enerji sistemini gereksiz olarak açmamalıdır. (Öhrström, 2003)

Alan koruması: Röle sistemi, arızayı güç sisteminden en küçük alanı ayırarak, sistemin gerisini etkilemeden koruma işlemini gerçekleştirmelidir. (Öhrström, 2003)

Korumak için en basit ağ yapısı radyal sistemlerdir, bu nedenle basit röleler kullanılır (Bergen, A.R. Vital, V., 2000). Normalde, zamana bağlı, kademeli aşırı akım koruma, fazlalık (yedekleme koruması) konusunda kurulur. Halkaların ve örgü ızgaraların korunması için daha karmaşık röleler kullanılır. Empedans röleleri düşük gerilim akım oranı nedeniyle tetiklenir.

Hatanın hat üzerindeki konumunu belirlemek için ayrıca mesafe röleleri olarak da adlandırılırlar (Jenkins, N. 2000; Bergen, A.R. Vital, V., 2000; Muller L. Boog, 1990). Generatörlerin, trafoların, baraların ve hatların korunmasında çok yaygın bir prensip diferansiyel korumadır. Tetikleme kriterleri, basitçe söylemek gerekirse, giriş ve çıkış akımı arasındaki belirli bir farktır. Bunun dışında bir dizi başka teknikler ve cihaza özgü olan özellikler de kullanılır.

3.7. Üretim ve Arabağlantı Sistemleri

Enerji sistemlerinde kullanılan (DG)'ler ve diğer ekipmanlar aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır. Geniş bilgi (Geidl M. 2005) 'de ve referanslarında verilmiştir.

3.8. Makineler

Senkron Makineler (SM), örneğin Kombine Isı ve Güç (CHP) tesisleri gibi daha büyük su, buhar ve yanmalı motorla çalışan tesisler için yaygın olarak kullanılmaktadır. Uyarma akımını değiştirerek kontrol etmek mümkündür.

SM 'nin reaktif davranışı (gerilimi düzenlemek) gerilim kontrolü olasılığı oluşturduğu için adalaşma sorununu çözmede büyük bir avantajdır ve röle çalışmasını mümkün kılar.

Asenkron veya İndüksiyon Makineleri öncelikle rüzgar ve daha küçük hidroelektrik santralleri için kullanılır. Bu makineler şebekeden uyarılmalarını elde ettikleri için, her zaman endüktif bir akım tüketir ve aktif güç sağlıyor olsalar bile reaktif yükler gibi davranırlar. Bu nedenle, gerilim kontrolü ve ada işletimi normalde asekron makineler ile mümkün değildir. Dikkate alınacak ek bir gerçek, bu makinelerin normalde düşük güç faktörü oluşturmalarıdır. Asekron makinalarının hata davranışı düşük pozitif ve negatif dizi empedansı ile belirlenir (Hodgkingson, 1998; O'Kane, B. Fox, 1997). Ana besleme kaybedilirse çalışmaya devam eder, ancak gerilim ve frekans kararlı olmaz. Modern rüzgar santralleri için çift beslemeli asenkron makineler kullanılır.

Şebeke frekansı (fn) ile rotor akım frekansı arasındaki ilişki (fr) ve bu tür makinelerde milin mekanik frekansı (fm),

$$k2\pi fm + fr = fn$$

burada k, makine tasarımından dolayı bir tamsayı sabitidir.

Bu denklem, makinenin çeşitli mekanik hızlarda nasıl çalışabileceğini açıklarken, şebeke frekansı sabittir. Bu yöntem rüzgar türbinlerinin çalışmasını sağlar daha geniş bir hız aralığı ve dolayısıyla verimliliği optimize etmek için. DC Makineler nadiren generatör olarak kullanılır, çünkü AC sistemine pahalı bir evirici vasıtasıyla bağlanması gerekir. Diğer bir dezavantaj, fırçalara sık sık bakım yapılması gerekliliğidir.

3.9. Transformatörler

Makineler veya eviriciler farklı nominal gerilim şebekelerine bağlandığında, trafolara ihtiyaç duyulur. Transformatörün yüksek gerilim sarımı, genellikle tesisin topraklama gereksinimlerini karşılamak için kullanılır. Üçgen-yıldız konfigürasyonları genellikle izole generatörler için kurulur. Koruma açısından, trafo bağlantısı önemlidir,

çünkü sıfır dizilim empedansı sargı tipine (üçgen / yıldız) ve ayrıca toprak bağlantısına da bağlıdır.

3.10. Güç Elektroniği Arabirimleri

Birincil güç, dönen bir AC makinesiyle dönüştürülmediğinde, güç elektroniği cihazları bir yardımcı bağlantı olarak kullanılır. Ayrıca rüzgar santralleri genellikle dönüştürücüler ile bağlanır. Büyük rüzgar parklarında ortak DC bara, gücü toplar ve bir evirici ve bir transformatör (Burton, 2001) aracılığıyla ana şebekeye iletir.

Mikro türbinler genellikle çok yüksek hızda senkronize bir makine kullanır (verimlilik nedeniyle). Yüksek frekansın nominal kullanım frekansına dönüştürülmesi gerekir. Fotovoltaik paneller ve yakıt hücreleri doğrudan dönüştürülmesi gereken DC güç üretir.

Güç elektroniği dönüştürücülerinin bir avantajıda kontrol edilebilirlikleridir. Bir dönüştürücü, çeşitli işlevler elde etmek için kullanılabilecek bir denetleyici ile donatılmalıdır. Gerilim veya reaktif güç kontrolü, ilave bir özellik olarak dönüştürücülere entegre edilebilir (Ackermann, Knyazkin, 2002).

Koruma açısından, yarı iletken cihazların anahtarlarının neredeyse aşırı yüklenemez olması açık bir dezavantajıdır, yani aşırı yüklenme daha uzun süre kabul edilemez. Bu nedenle dönüştürücü kontroller, yüksek akımları yasaklamak için tasarlanmıştır.

3.11. Kısa Devre Gücü ve Arıza Akım Seviyesi

Arıza akım seviyesi, arızaların akım veya güç açısından etkisini açıklar. Kısa devre akımı veya (görünür) güç artışı hakkında bilgi verir (Jenkins N. et al 2000).

Arıza akım seviyesi aşağıdaki denklemdeki gibi tanımlanır. (Koeppel. G 2003). Burada i nominal akımla ilgili arıza akımıdır ve zth ise hattın thevenin empedansını p.u. olarak gösterir. Burada 1 p.u. anma akımına karşılık gelir.

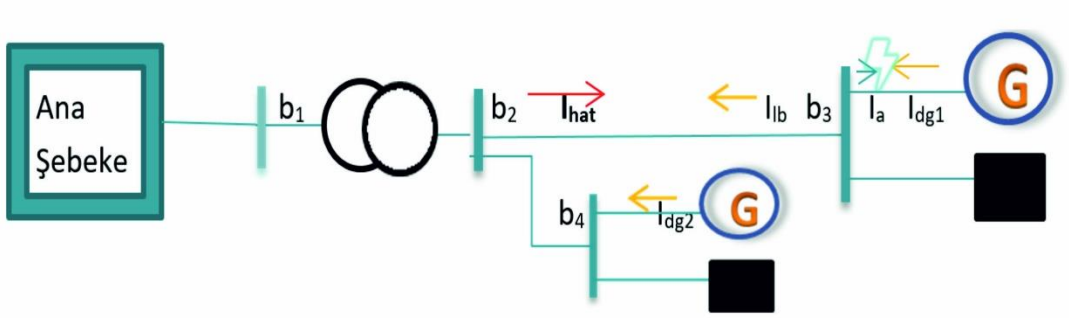
Arıza Seviyesi: $i = 1 / | zth |$

Kısa devre durumlarında faz-faz veya faz-toprak arızaları normalde operasyon el veya nominal akımdan önemli ölçüde yüksek olan bir aşırı akımla sonuçlanır. Bu (anlık)

aşırı akım korumanın işlevi için çok temel bir önkoşuldur. Rölenin arızayı hızlı algılaması için Arıza akımı normal işletme akımından ayırt edilebilir olmalıdır.

Koruma rölesinin tetiklenmesi için yüksek hata akımı sağlayan güçlü bir kaynak bulunmalıdır. PV kurulumlarında özellikle dönüştürücüler, yüksek akımı önleyen kontrol cihazları ile donatılmıştır. Güç elektroniği dönüştürücüleri genellikle yüksek akımları önleyen kontrol cihazlarıyla donatılmıştır. Örneğin, bir dağıtım ağının uzak bir kısmı büyük PV kurulumlarında, bir arıza olması durumunda faz akımında neredeyse hiç önemli bir artış olmaz ve bu nedenle de aşırı akım koruma sisteminde arıza tespit edilemez. Arıza akımının genliği, arıza empedansına, faz arızası için de topraklamaya büyük ölçüde bağlıdır.

Şebekeye entegre paralel çalışan farklı üniteler nedeniyle arıza empedansı Zth düşebilir, bu nedenle hata seviyesi artar ve bir arıza durumunda beklenmeyen yüksek hata akımları olabilir. Bu durum çalışan ünitelerin bu koşullara göre tasarlanmaması nedeniyle bu üniteleri zora sokar.



Şekil 3.11-I_a Kısa devre akımı, I_{dg1} DG_1 akımı, I_{hat} ana şebeke akımı

Şekil 3-11 Bara 2 deki röle sadece I_h akımını ölçer, röle gerçek arıza akımını ölçemediği için hatalı çalışır.

Aşırı akım rölesinin zamanında devreye girmemesi yüksek empedanslı sistemlerde ciddi problemler oluşturur. Diğer yandan bara 2 de meydana gelen arıza durumunda da bireysel yerel generatörler arıza akımını etkiler. Kısa devre durumları incelendiği zaman geleneksel sistemden farklı olarak DG lerin kısa devre akımın genliğini, yönünü ve süresini etkilediği görülür.

3.12. Tam Ölçülemeyen Empedans ve Etkileri

Mesafe rölesi klasik olarak (Muller, Boog, 1990) sistemdeki gerilim üzerinden empedans tespitine göre arıza hesabı yapar. Ancak DG' lerde çift yönlü besleme nedeni ile baraların konumlarına bağlı olarak yükselen gerilimden dolayı röle doğru tespit yapamaz (Dugan and McDermott, T.E. 2002; Fickert, 2003). Röle maksimum hata empedansına veya minimum hata akımına göre maksimum mesafeyi belirlemek için ayarlanıyor. Arızayı yanlış bölgede tespit etmemesi için rölenin algı mesafesi sınırlanır. Röle ayarları için I_{dg} / I_h oranı çok önemlidir.

3.13. Ters Yönde Akan Güç ve Barajlardaki Gerilim Yükselmesi

Radyal dağıtım ağları genellikle tek yönlü güç için tasarlanmıştır. Üretilen enerji yüklere doğru akar. Geleneksel sistem korumasında röle koruma sistemi bu akışa göre düzenlenmiştir. Dağıtık Üretim santralleri sisteme entegre edildiği zaman, yerel üretim yerel tüketimi aşarsa, güç akışı yönünü değiştirir (Lopes, 2002). Bu durum, koruma sistemi tasarımında dikkate alınmazsa, ters güç akışı sorunları ortaya çıkar. Ayrıca, ters güç akışı, radyal bir besleyici boyunca bir ters gerilim oluşumu anlamına gelir.

Dağıtılmış üretim, her zaman bir dağıtım hattı boyunca gerilim değişimini etkiler. Güç kalitesi bozulmasının yanı sıra, bu istenilen gerilim sınırını aşmanın yanında ekipmanların etkilenmesine sebep olabilir. Güç giriş çıkışına bağlı olarak gerilim de değişimler olabilir (Jenkins, N. 2000; Fickert, 2003).

$$\Delta U \approx \frac{PdgRth+QdgXth}{Un}$$

Yukarıdaki denklemde (U_n) nominal gerilim (R_{th}+jX_{th}) hat empedansı

(P_{dg} + Q_{dg}) DG'nin generatör iç direnci

3.14. Otomatik Kapama ve Adalaşma (Islanding)

Sisteme DG integre edilmiş ve adalaşma oluşmuş ise istenmeyen koşullar oluşabilir. Bu duruma genelde şebeke kaybı (LOM) denilir. Gerilim ve frekans şebeke tarafından kontrol edilemez. Bu alandaki gerilim istenilen sınırlarda kontrol edilemez. Bir diğer sorunda frekansın değişmesidir. Aktif güç dengesizliği sonucunda değişen frekans makinalar ve sürücüler için tehdit oluşturur. Arıza sönümlendikten sonra tekrar

kapama ortak bir röle özelliğidir. Entegre edilmiş ağda otomatik kapama sonucunda dağıtık generatör sisteme bağlı olduğu için hata temizlenmemiş olabilir.

Küçük gömülü (embedded) generatörler genellikle gerilim kontrolü ile donatılmadığından, adalaşma olan bir şebekenin gerilim büyüklüğü istenen sınırlar arasında tutulmaz ve ada işletimi sırasında tanımsız gerilim büyüklükleri oluşabilir.

Eksik kontrolün bir başka sonucu da frekans dengesizliği olabilir. Gerçek sistemler hiçbir zaman tam olarak dengelenmediğinden, aktif güç dengesizliği nedeniyle frekans değişecektir. Kontrolsüz frekans, makineler ve sürücüler için yüksek risk oluşturur. Şebeke kesintileri kısa bir süre sonra otomatik olarak yeniden bağlandığında iki sorun ortaya çıkabilir: Arıza temizlenmediği için ani tekrar kapama başarılı olmayabilir. Şebekenin adalaşmış kısmında frekans değişmesi nedeni ile eş zamanlı olmayan iki sistem birleşmiş olabilir.

Arıza giderme işlemini mümkün kılmak için DG ünitesinin ayrılması ile elektrik şebekesinin yeniden bağlanması arasında uzun süre dikkate alınmalıdır. Otomatik tekrar kapama rölelerinin genel çalışma dışı ayarları 100 ms ile 1000 ms arasındadır. Sistemde DG ile toplam kapalı kalma süresinin uzatılması gerekir. Gömülü generatörlere sahip dağıtım besleyicileri için 1 s veya daha fazla tekrar kapama aralığı önerilir (Dugan ve Dermott 2002).

Ada işletimi sırasındaki frekans değişimi için doğrusal bir yaklaşım (Jenkins, N. 2000; Guillot, 2001) verilmiştir. Frekans değişim oranı aktif güç dengesizliğinin bir fonksiyonu olarak ifade edilir.

$\Delta P = \Sigma P_{dg} - \Sigma P_t$

Makinenin atalet sabiti (H), makinelerin anma gücü (Sn) ve LOM (Ana şebeke kayıbı) önceki frekans: (f_s) DG aktif güç (P_{dg}) , toplam aktif güç (P_t)

$df / dt = \Delta Pfs / 2SnH$

Frekans değişimini (Δf) hesaplamak oldukça kolaydır

$\Delta f = (\Delta Pfs / 2SnH)$

Bu yaklaşım sadece adalaşma (islanding) sonrasındaki frekans değişimini almaktadır.

LOM ve otomatik tekrar kapama, DG korumasının en zorlayıcı sorunlarından birincisidir ve bu nedenle bu alanda çok fazla araştırma yapılmıştır ve yapılmaktadır.

Bu sorunun tek çözümü, LOM (Ana şebeke kayıbı) ortaya çıkar çıkmaz DG ünitesinin bağlantısının kesilmesidir. Bu nedenle adalaşmaların hızlı ve güvenilir bir şekilde algılanması gerekir. Çeşitli adalaşma tespit yöntemleri, gelecek bölümde açıklanmıştır.

3.14.1. Topraklama

Bir DG ünitesi topraklanmış bir yıldız trafo ile bağlanırsa, şebeke hattındaki toprak arızaları her iki yönde de toprak akımlarına neden olur şebeke ve DG trafosunda. Bu normalde dağıtım sistemi toprak arıza koordinasyonunda dikkate alınmaz (Redfern ve ark. 2001)

3.15. Ana Şebeke Kaybı Koruma (Los Of Main)

Ana şebekeden akan güç akışı kesilmesine rağmen DG'lerin (Generatör, FV, GES) şebeke bağlantısının kesilmemesi durumunda güvenlik tehlikeleri ortaya çıkar. DG'ler (Generatör, FV, GES), kendi cihazlarına ve şebekeye zarar verebilecek şekilde şebekeye otomatik olarak yeniden enerji verebilir (Jenkins N. et al 2000).

Ana besleme Kaybı Koruması (Loss of Mains); Dağıtık enerji santrali içeren dağıtım şebekeleri canlıdır ve herhangi bir parçasına o anda iletim seviyesinden bir enerji girdisi olmasa da bazı fider ve kullanıcıların enerjili olma olasılığı vardır (Jenkins N. et al 2000).

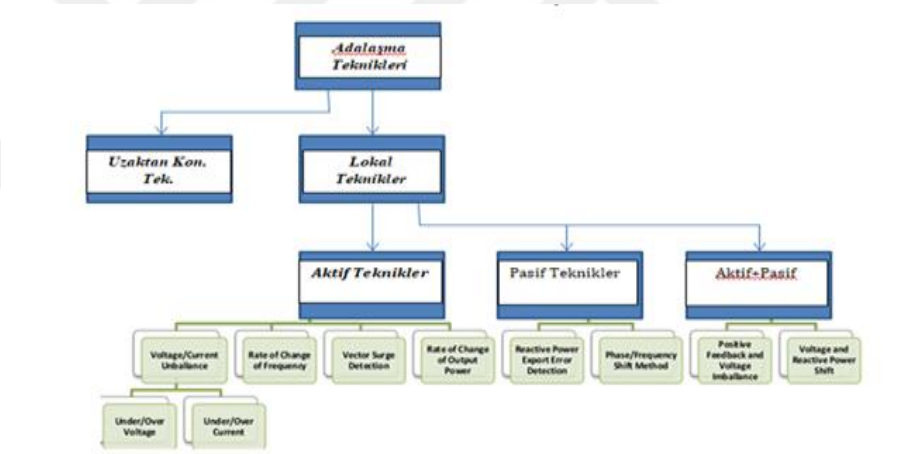
Ana besleme kaybı durumunda meydana gelen ve dağıtım sisteminin bir bölümünün kendi kendini beslemesi olan "Adalaşma" (Islanding) durumu ilk bakışta avantaj gibi görünse de dünyada ve ülkemizde onaylanan bir uygulama değildir.

Arzulanmayan bir sebepten ana şebekenin devreden çıkması durumunda, DG kısmından beslenen izole bölgede oluşan güç adalaşması, enerjinin DG tarafından devam ettiğinden habersiz olan arıza ekibi için tehlikeli bir durumdur. Böyle bir

durumda elektrik adasını besleyen DG derhal adalanmış şebeke kısmından ayrılmalıdır. Bu kısım, birden fazla kullanıcının bulunduğu izole bölgedir. Ana sistemden ayrılan DG, eğer gerekli kabiliyetlere sahip ise sadece DG tarafından yüklerini beslemeyi sürdürür.Böyle bir sistem enerji depolamasız GES'lerde hali hazırda mevcut değildir. Bu durumun oluşturulması için adalaşma durumunun DG arayüz koruması tarafından güvenilir bir şekilde algılanması zorunludur.

3.16. Şebeke Koruma Yöntemleri (Anti-Islanding)

Adalaşma durumunun DG koruma sistemi tarafından tespiti için aktif ve pasif yöntemler mevcuttur. Pasif metotlarda sistem verileri pasif yöntemlerle takip edildiğinden bu yaklaşımın enerji güç kalitesi üzerinde olumsuz etki barındırmaz. Aktif koruma ise daha doğru sonuçlar oluşturssada, sisteme bazı sinyaller enjekte ettiklerinden küçük oranlarda da olsa güç kalitesini olumsuz etkileyebilir.



Şekil 3.12- Şebeke koruma yöntemleri (Anti-Islanding)

Solar (PV) sistemler için de geçerli olan ada-karşıtı modunu da kapsayan uluslararası test standartları belirlenmiştir (Jenkins N. et al 2000) Türkiyede'de geçerli olan bu standardlarda, sıradışı şebeke durumlarında solar (FV) evirici tepkileri ve fonksiyonları belirlenmiştir.

3.17. Pasif Koruma Yöntemleri

Pasif Koruma yöntemleri aşağıdaki gibidir.

1. Gerilim-Akım-Frekans Dengesizlik Rölesi
2. Vektör Dalgalanma Tespit Rölesi
3. ROCOP Çıkış gücünün değişim oranı Rölesi
4. ROCOF Frekansın değişim oranı Rölesi

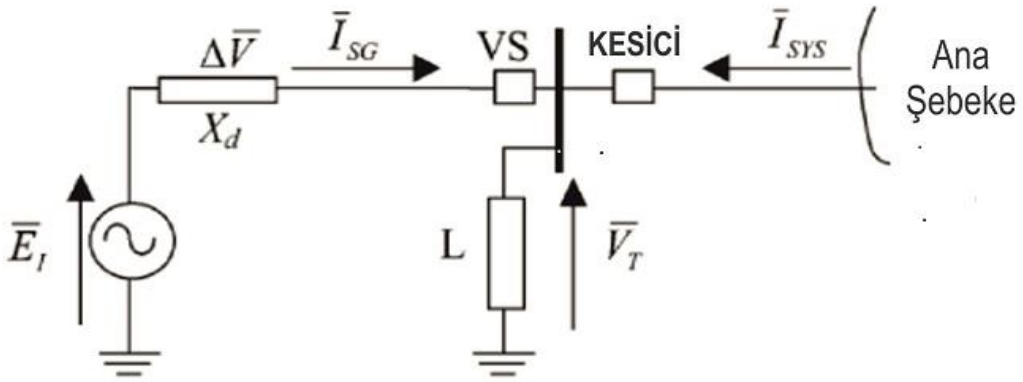
3.17.1. Gerilim-Akım-Frekans Dengesizlik Rölesi

Adalaşma gerçekleştiğinde, DG Koruma sistemi adadaki yüklerin değişimini algılamak zorundadır. Değişim yük değeri büyükse, o zaman adalaşma koşulları birkaç parametrenin izlenmesiyle kolayca tespit edilir: Gerilim büyüklüğü, Akım büyüklüğü ve Frekans değişimi değerleri küçük ise, bu yöntemler etkili olmayabilir. Dağıtım ağları genellikle tek-faz yükleri içerdiğinden, adalaşmanın DG'in yük dengesini değiştirmesi oldukça olasıdır. Ayrıca, DG yüklerindeki değişiklik küçük olsa da, şebeke koşullarındaki değişiklik nedeniyle gerilim dengesizliği ortaya çıkacaktır.

Alt ve üst Sınır Akım ve Gerilim değerinde; pasif adaların tespiti için, sıklıkla frekans izleme ile birleştirilmiş tamamlayıcı bir cihaz olarak kullanılır. Gerilim değişimleri, reaktif güç dengesizliğinde ortaya çıkar. Bu röle; reaktif güç artmasında gerilimin artması ve reaktif güç azalmasında gerilimin azalması üzerine çalışır. Gerilim önceden ayarlanan eşik değerlerin altına düştüğünde, röle kesiciyi açacaktır. Bu Röle gerilim değişikliğini veya değişim oranını belirleyerek, frekans rölesinin tek başına yapamayacağı adalaşmayı tespit etmektedir. Reaktif güç ölçüm rölesi **frekans değişimlerinde** Gerilim-Akım-Frekans Dengesizlik Rölesinden daha yüksek performans gösterir . Şebekede aktif güç çekişi genellikle, reaktif güçten çok daha fazla olduğu için, şebekenin kesilmesi reaktif enerjiden ziyade aktif gücü önemli ölçüde etkiler.

3.17.2. Vektör Dalgalanma Tespit Rölesi

Şekil 3.13'te görülen röle gerilim dalga formunun faz açısının, bilinen bir referans dalga formuna değişimini ölçer. Bir ada durumu oluştuğunda, güç gereksinimlerindeki değişikliği karşılamak için DG tarafından anlık bir faz kayması olabilir. Röle, eşik faz atlayışına izin verilen bir eşik değerine ayarlanır ve eğer DG sistemi bu eşiği aşarsa, röle devreye girerek kesiciyi açar.



Şekil 3.13- Bir dağıtım ağı ile paralel olarak çalışan Vector Değişim Rölesi(VS) ile donatılmış senkron jeneratör eşdeğer devresi

3.17.3. Çıkış gücünün değişim oranı Rölesi

Çıkış gücünün değişim oranı Rölesi; $\frac{dp}{dt}$ oranı DG tarafında, adalaşma oluştuktan sonra, DG 'in aynı yük için adalaşma durumu oluşmadan önce, çıkış gücünün değişme oranından çok daha fazla olacaktır. DG'e sahip olduğu dağıtım sisteminin dengeli yükten ziyade dengesiz yüke sahip olması durumunda bu yöntemin çok daha etkili olduğu bulunmuştur.

3.17.4. Frekansın değişim oranı rölesi

Adalaşma durumunda frekansın zamana göre değişim oranı $\frac{df}{dt}$ çok yüksek olur.

ROCOF : $\frac{df}{dt} = \frac{\Delta p}{2HG}$ x f

Burada;

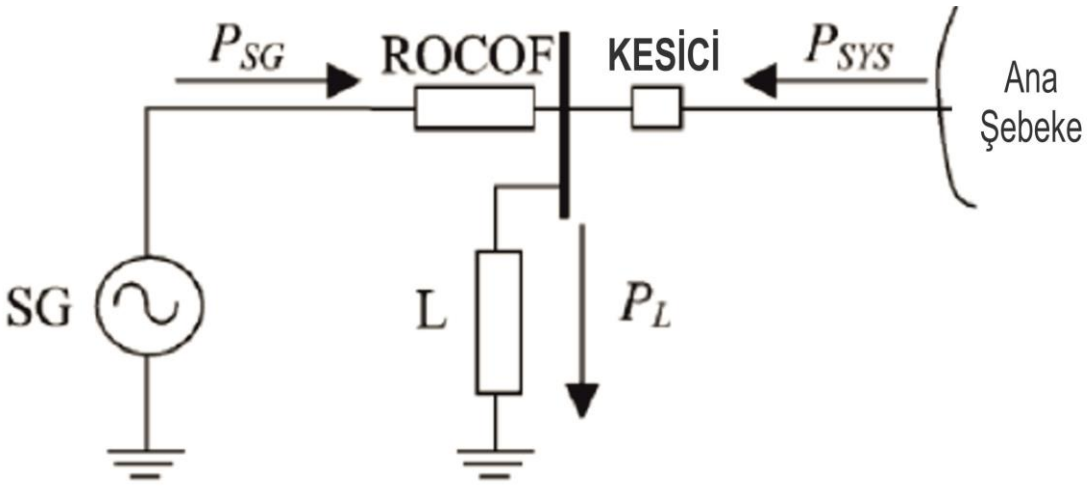
Δp : DG tarafında güç uyumsuzluğudur.

H : DG/Sistem için eylemsizlik anıdır.

G : DG/Sistemin nominal üretim kapasitesidir.

Büyük sistemler büyük H ve G'ye sahipken, küçük sistemler küçük H ve G'ye sahiptir. $\frac{df}{dt}$ ROCOF rölesi, gerilim dalga formunu izler . Şekil 3.14' te görülen ROCOF rölesi ayarlanan belirli bir süre boyunca eşik değerden daha yüksek olması durumunda

çalışacaktır. Röle ayarı, ada durumu tespitinde Röleyi tetikleyecek ancak yük değişimlerini bu durumdan ayırt edecek şekilde seçilmelidir. Güçte büyük bir uyumsuzluk olduğunda, bu yöntem oldukça güvenilirdir, ancak DG'nin kapasitesi yerel yüklerle eşleşiyorsa bu yöntem başarısız sonuçlar verir.



Şekil 3.14-Bir dağıtım ağı ile paralel olarak çalışan frekans değişim oranı rölesi (ROCOF) ile donatılmış senkron generatör eşdeğer devresi

Türkiye'de halen eviriciye entegre koruma düzenleri ünite koruması olarak değerlendirilmekte olup, arayüz koruması olarak kabul edilmemektedir. Bu nedenle arayüz koruması için şebeke kaybı rölesi (LoM) kullanımı zorunludur. Burada amaç, FV eviricinin kendinden komütasyonlu olması halinde herhangi bir kaza veya hasar oluşmadan mikro şebekeden ayrılmasının sağlanmasıdır.

Bazı getirileri olmasına rağmen hemen hemen bütün ülkelerde DG'lerin ada modunda çalışmasına güvenlik ve emniyet kaygılarından dolayı izin verilmez. Şebeke arayüz korumasında adalanmaya karşı koruma mutlaka istenir. Adalanma tespiti için birçok eski/yeni, aktif/pasif, yerel/merkezi birçok yöntem mevcuttur Zayıf noktalarına rağmen, ucuz ve kullanışlı olduğundan pasif şebeke kesintisi(LoM) tespit metotları sıklıkla kullanılır. Türkiye'de pasif ve yerel metodlar kullanan röleler yaygın olarak kullanılmakta olup, haberleşme ve SCADA altyapıları gelişinceye kadar bu yaklaşım en uygulanabilir çözüm olarak görülmektedir.

Pasif yöntemlerde, hiçbir şekilde gürültü şebekeye enjekte edilmez. Yanlızca dağıtılmış üretim kaynaklarının baraları üzerinden gözlemleme yapılır. Aslında, bu

yöntemde dağıtılmış üretim kaynaklarının bir barası üzerinden ölçüm yapılır. Bu yöntemin en önemli dezavantajı, teşhis edilemeyen bölgenin olması (Non-Detection Zone-NDZ) ve algılamada bazı sorunlar yaşıyor olabilmesidir. Bu yöntemde gürültü şebekeye enjekte edilmediğinden şebekenin güç kalitesini etkilemez ve buna ek olarak, dağıtılmış üretim kaynakların sayısının fazla olması şebekeyi dengesiz hale getirmez. Bu yöntemin diğer yöntemlere göre en önemli avantajı bir bara üzerinden ada olayını algılayıp gözlemlemesidir.

Aktif metodlarda ise şebekeye bazı sinyaller enjekte edilerek şebekenin cevabı beklenir. Alınan cevap doğrultusunda şebekenin sağlıklı olup olmadığı veya şebeke empedansı hakkında ipuçları elde edilir. Yüksek şebeke empedansı veya şebeke frekansının GES tarafından kontrol edilebiliyor olması, şebeke kaybını işaret eder.

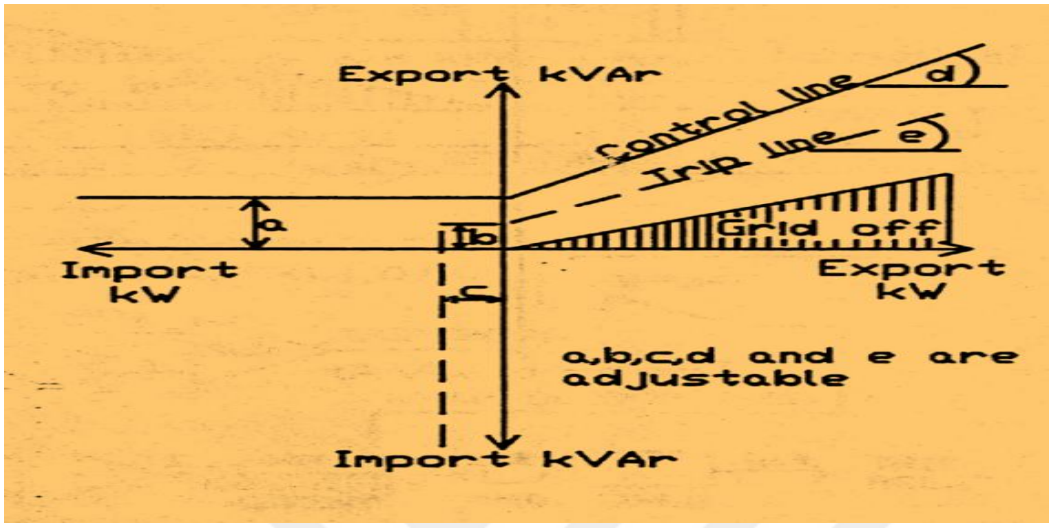
Yerel ve pasif metodlarla şebeke kaybı algılayan röleler vektör kayması, frekans değişim hızı ve aşırı/düşük gerilim algılama yeteneklerine sahiptir. Bu tezde ROCOF Rölesinin yapısı ve çalışması araştırılıp incelenmektedir.

3.17.5. Reaktif Güç Çıkış Hatası Bulma Rölesi

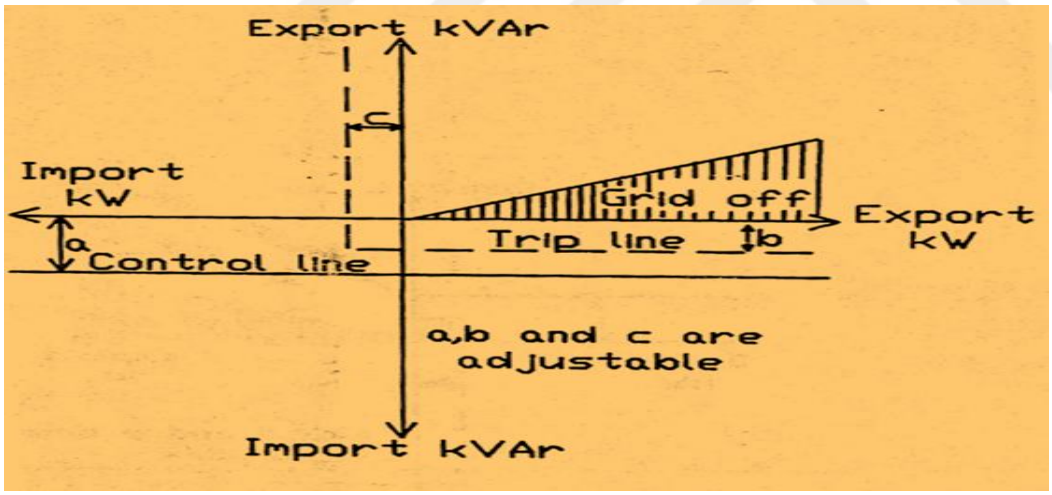
Reaktif Güç Çıkış Hatası Bulma Rölesi Otomatik Gerilim Regülatör (AVR) üzerinden alternatör uyarımının kontrolünü sağlar, böylece şebeke bağlantısındaki reaktif akım, şebeke bağlantısı kesildiğinde doğal olarak oluşamayacak bir değere ayarlanır. Röle, reaktif akım öngörülen değerde muhafaza edilmediğinde şebeke kaybını algılar. Şebeke hala bağlıyken devrenin açılabilmesi için, zaman gecikmesi süresince, zamanlayıcı ayarlandığı bir süre boyunca açma koşulu sürdürülmedikçe rölenin çalışmasını engeller.

Alınan güç, sadece şebeke bağlı olduğunda ortaya çıkabileceğinden, bu durum röleyi devre dışı bırakmak için kullanılır. Bu alternatörün, reaktif akım kontrolü kuruluncaya kadar senkronizasyon sırasında ve hemen sonrasında Otomatik Gerilim Regülatör (AVR) potansiyometre kontrolü altında çalışmasına izin verir. İki durum söz konusudur; verilen kVAr ve diğeri ise alınan kVAr . Bu iki olasılık aşağıda (Şekil 3.15 ve 3.16)' da gösterilmektedir. Şemalar şebeke bağlantısındaki koşulları temsil eder ve verilen güç akışı veya kVAr akışının şebekeye girmesi ile bağlı olunan kapalı şebeke

alanı bir grafik ile belirtilir. Yerel şebeke ile şebeke üzerindeki yükün türüne ilişkin olarak gösterilen örnek, yerel yükün çoğunlukla evsel olması ve Şekil 4.2'te gösterilen işletim tarzını (şebeke ağında çok daha düşük reaktif akımın çekilmesini) oluşturur.



Şekil 3.15-Çıkış gücü akışı veya kVar akışının şebekeye girmesi ile bağlı olunan kapalı şebeke alanı (Warin 1981)

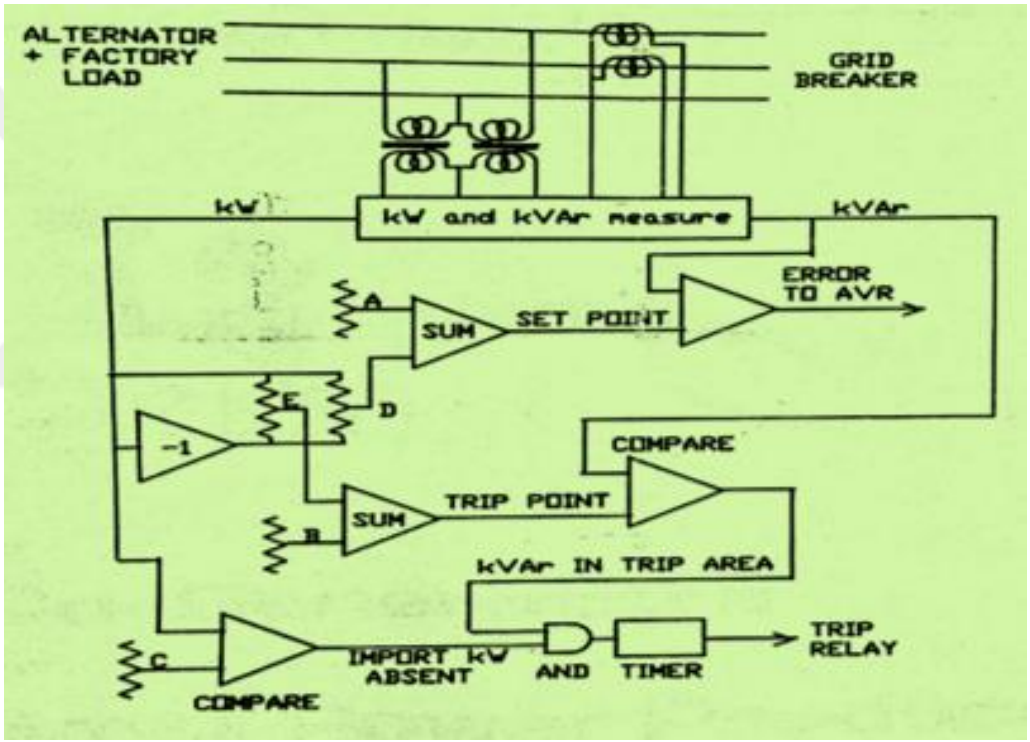


Şekil 3.16-Çıkış gücü akışı veya KVar akışının şebekeye girmesi ile bağlı olunan kapalı şebeke alanı (Warin, 1981)

Şekil 4.2'deki şematik diyagram büyük ölçüde açıklayıcıdır. Şebeke bağlantısındaki kW ve kVAr, uygun şekilde fazlanmış "gerilim sinyalleri ile iki wattmetre yönteminin elektronik eşdeğeri kullanılarak ölçülür. Kontrol çizgisi iki elemandan oluşur,

Bu iki elemanın toplamı, şebeke bağ KVAr sinyali ve Otomatik Gerilim Regülatörü (AVR'yi) kontrol etmek için arıza ile karşılaştırılmıştır. AVR'ye çıkış, etkin bir şekilde değişken bir direnç olan bir darbe genişlik modülasyonlu (PWM) anahtardır. Bu tamamen değişken ve normal düzeltici reostatın yerine kullanılır. AVR, şebeke ve bağlı jeneratör devre kesicileri üzerindeki yardımcı anahtarlar potansiyometre ile kontrol edilebilir.

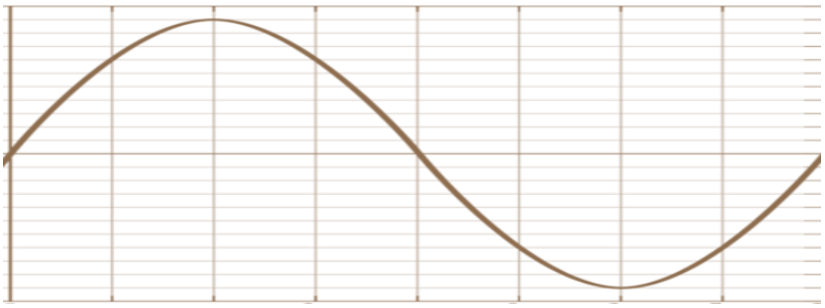
Açma çizgisi, b ve e kontrolleri ile benzer bir şekilde ayarlanır, ancak kontrol c tarafından ayarlanan bu değerin üzerinde bir alınan gücü varsa, arıza geçersiz kabul edilir.



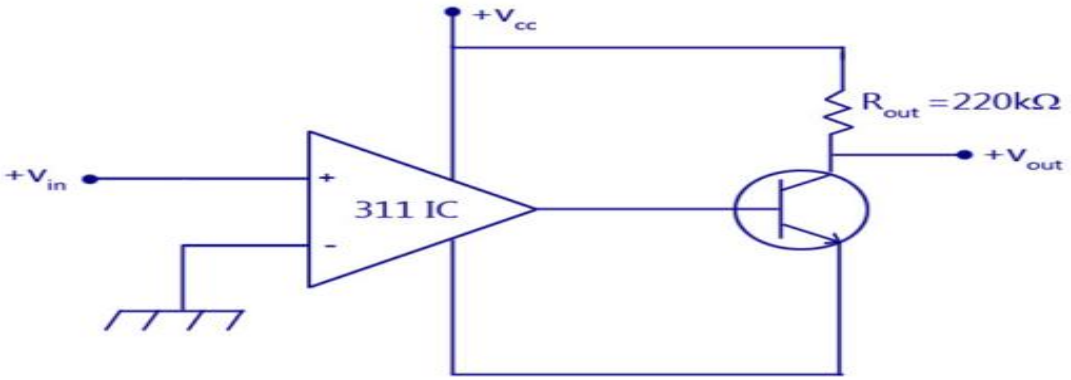
Şekil 3.17-Reaktif güç çıkış hatası bulma rölesi yapısı(Warin 1981)

3.18. ROCOF Rölesi Algoritması ve İç Yapısı

Pasif Ada Çalışma Tespit Yöntemlerinden ROCOF Rölesi, Frekans değişim hızı (df / dt) hızlı frekans düşüşleri veya frekans artışlarını tespit etmek için kullanılır. Frekanstaki df/dt değişimi birkaç döngü boyunca ölçülür ve belirlenen eşik değeri aşması durumunda ada çalışma tespit edilir. Şekil 3.19 daki IC 311 transistör yardımı ile şekil 3.18 deki sinüzoidal işaretin sıfır geçiş noktaları üzerinden frekans tespit edilir.

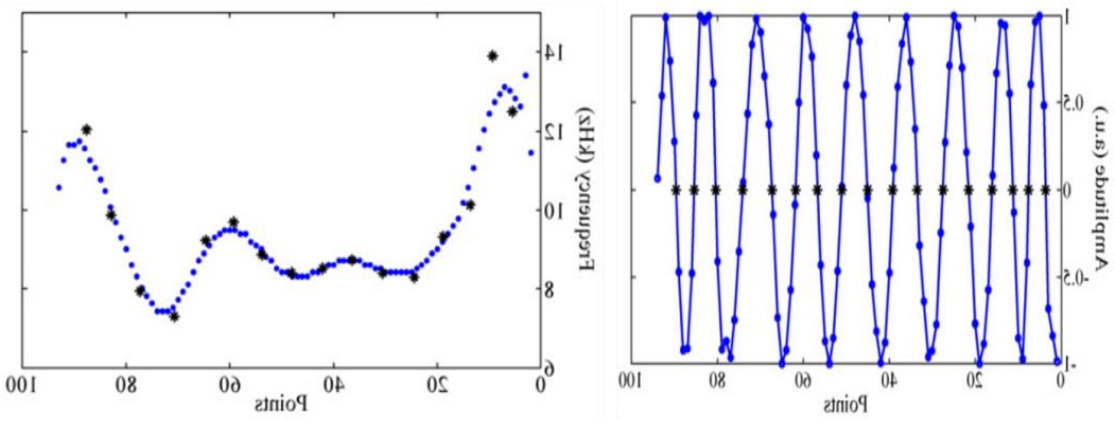


Şekil 3.18-Sinüsoidal gerilim sinyali.

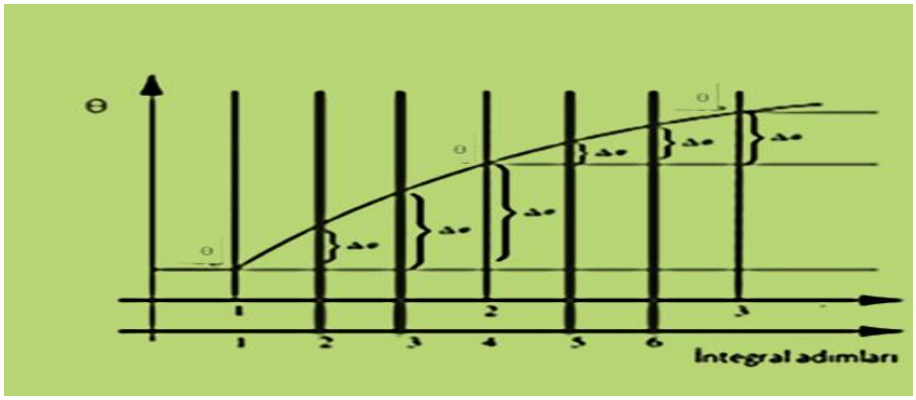


Şekil 3.19-Sinüsoidal sinyal sıfır geçiş noktası devresi (IC 311 ve Transistör)

Frekansın nominal değerden sapmasının en yaygın nedenlerinden biri, üretilen güç ile yük talebi arasındaki dengesizliktir. Şekil 3.20'de görüldüğü üzere Dengesizlik büyük ise frekans hızla değişecektir. Şekil 3.21 frekansın grafiksel değişimini göstermektedir.

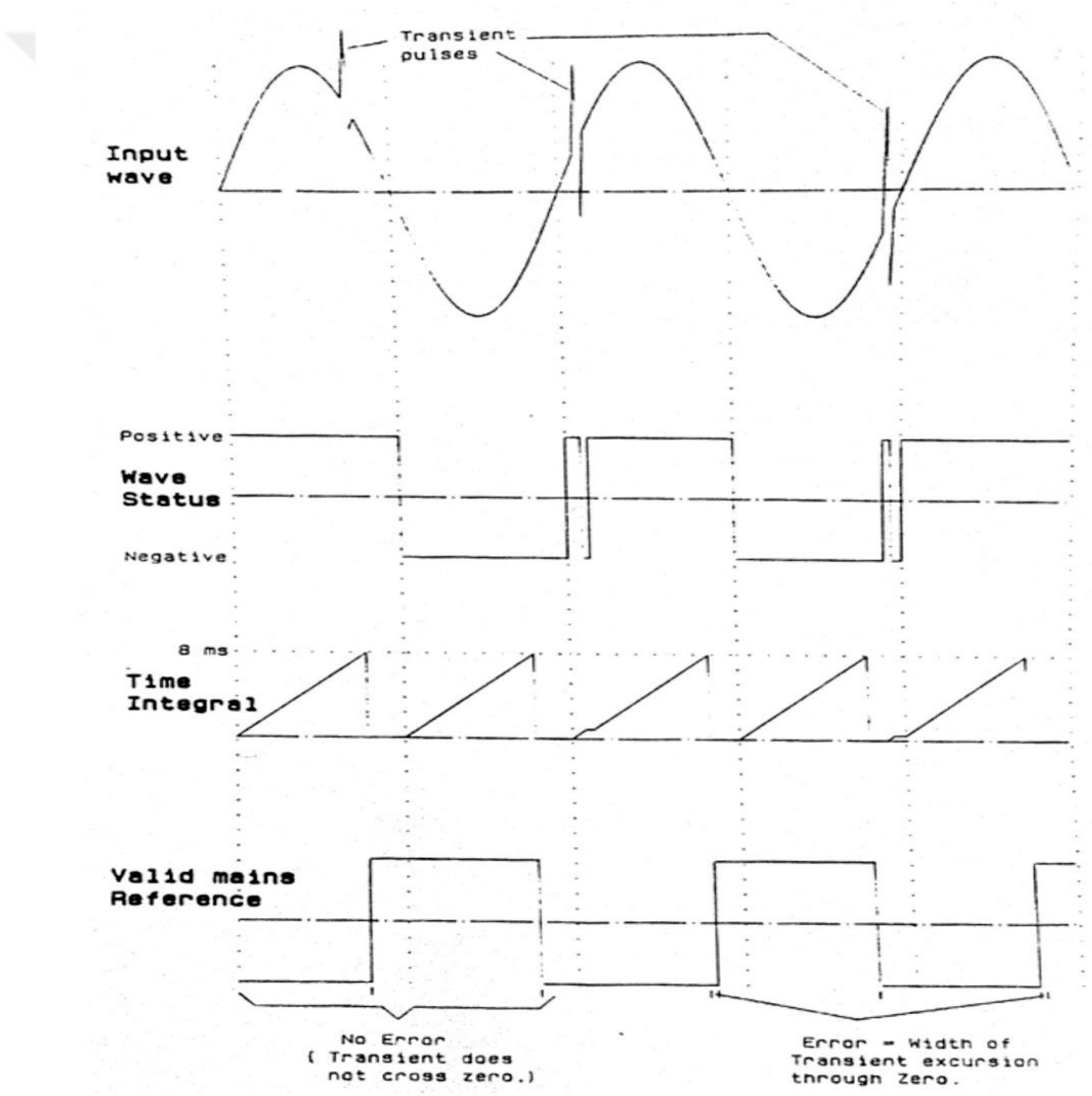


Şekil 3.20-Sinyal sıfır geçiş noktası tespiti (Salman 2005)



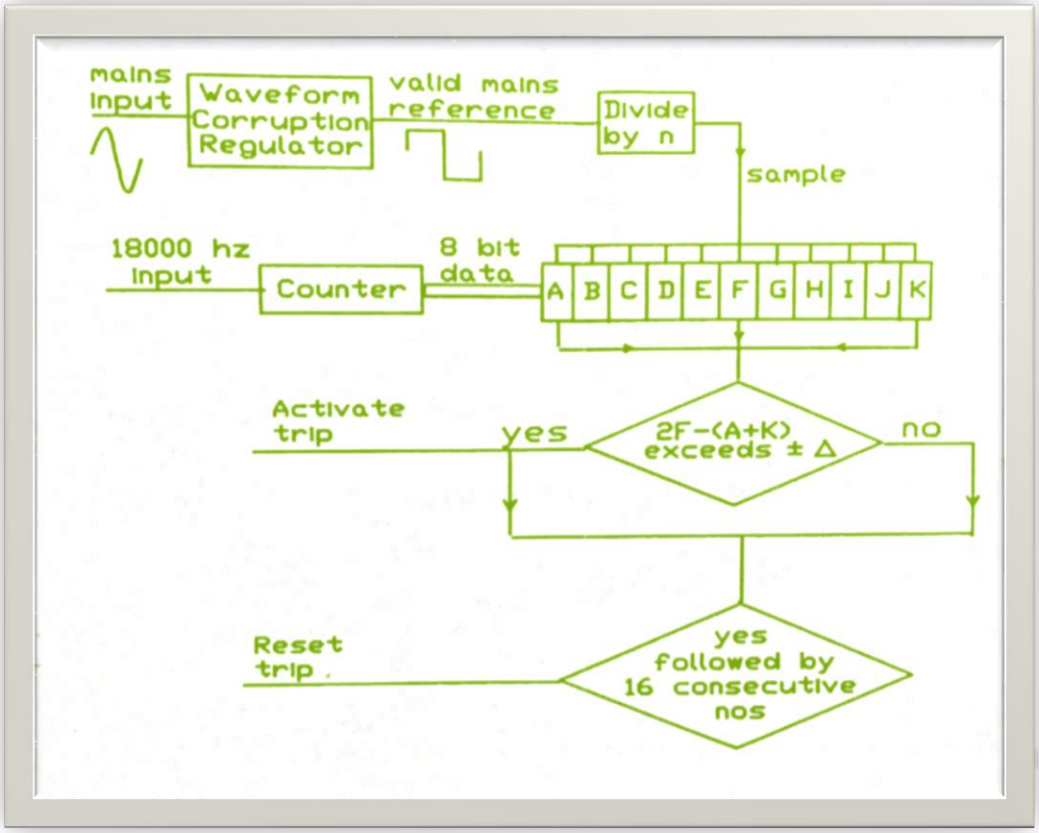
Şekil 3.21-Frekans değişim oranının grafiksel gösterimi (Salman,2005)

Şekil 3.22'de dalga formunun düzeltilmesi aşama aşama gösterilmiştir.

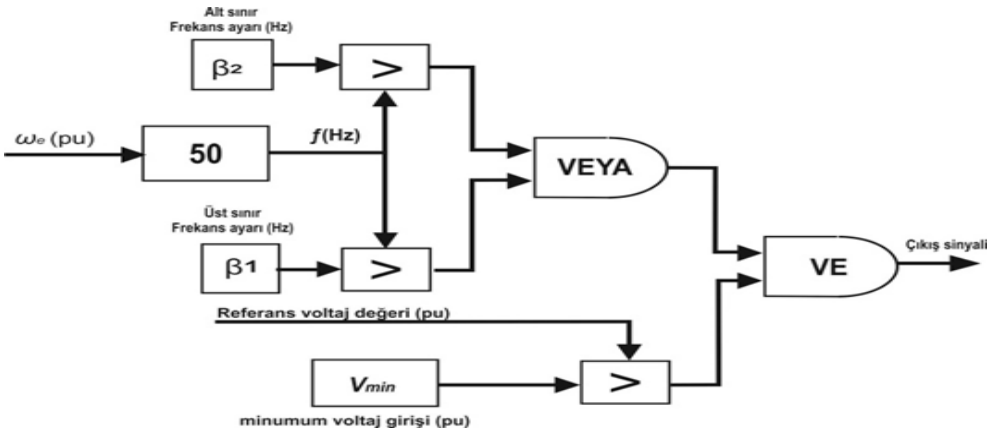


Şekil 3.22-Dalga formundaki bozulmanın giderilmesi (Warin 1981)

Simülasyon sonucunda sıfır geçiş noktalarından frekans tespit edildikten sonra, Şekil 3.23 teki algoritma ile frekansın değişim oranı tespit edilir.

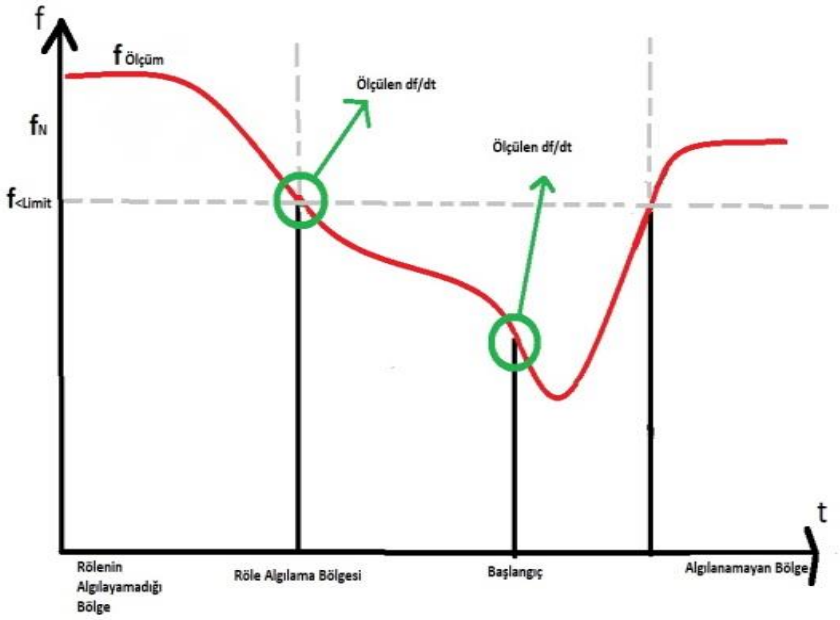


Şekil 3.23-ROCOF algoritması (Warin 1981)

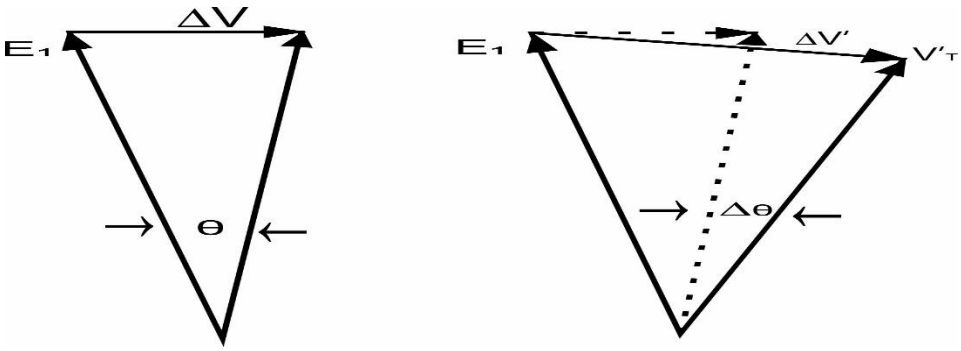


Şekil 3.24-Röle tasarımını göstermektedir

Şekil 3.24'te algoritmanın MATLAB simülasyonu tasarım örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.25-Frekans değişiminin rölenin çalışmasından daha hızlı olduğu durum algılanamayan bölgenin oluşması (Non-Detection Zone-NDZ)



Şekil 3.26-Gerilim değişiminin fazör diyagramını göstemektedir

Frekans başladığında df / dt fonksiyonunun çalışması fakat devrenin açılmaması Yukarıdaki şekilde, frekans azalıyorsa, df / dt fonksiyon işleminin bir örneği sunulmuştur. Sinyal etkinleştirilirse, (f <) limitin üstünde veya (f>) sınırının altında olması durumunda ölçülen frekansın ne kadar hızlı olursa olsun, df / dt açılmaz. Yukarıdaki şekil 3.25' te frekans f <limit aşımı altında düştüğünde fonksiyonun tetiklenmesine izin verilir ancak frekans değişimi df / dt fonksiyonunun açılması için

henüz yeterince hızlı değildir. Şekil 3.26' fazör diyagramı gösterilmiştir. Daha sonra frekans hızlı bir düşüş yapar ve sonuç olarak frekans değişimi, rölenin çalışmasına neden olan ayarlanan toplama değerinden daha hızlıdır.

3.18.1. ROCOF – Rölesinin Yapısı

Frekans Değişim Oranı (ROCOF) $(\frac{df}{dt})$ Frekans değişim hızı (df / dt) hızlı düşüşleri veya frekans artışlarını tespit etmek için kullanılır.Frekanstaki df/dt değişimi birkaç döngü boyunca ölçülür ve belirlenen eşik değeri aşması durumunda ada çalışma tespit edilir. OUV/OUF metodundan daha duyarlı ve hızlıdır. Ancak yük değişimlerine aşırı duyarlı olduklarından değişimi fazla olmayan yükler için uygundur.

Yük hızlı değişirse df / dt koruması frekans bazlı arızaları, konvansiyonel düşük ve aşırı frekans korumalardan daha hızlı algılar. Frekansın nominal değerden sapmasının en yaygın nedenlerinden biri, üretilen güç ile yük talebi arasındaki dengesizliktir. Dengesizlik büyük ise frekans hızla değişecektir.

Şebeke Kesintisinin tespit edilmesi için frekans korumasının değişme oranı da uygulanabilir. Röle sistem frekansını hızlandırır ve normalde şebeke sistemindeki olağan olarak meydana gelen frekanstaki yavaş değişiklikleri göz ardı edecek şekilde düzenlenir, ancak şebeke bağlantısı kesildiğinde nispeten hızlı frekans değişikliklerine cevap verir.

İndüktans veya kapasitans olarak Depolanmış enerjinin, ark, yıldırım çarpması vb. Deşarjların tümü, ana dalga formunda üst üste konan yüksek frekanslı geçişlere yol açtığından, En başta, her bir döngünün başlangıcının doğru olarak ilişkili olduğu bir ana referans dalga formu elde edilir. Şebeke, Bu problemi çözmek için özel bir dijital entegrasyon devresi kullanılır. integrator, referans dalganın her pozitif ve negatif yarı döngüsünün başlangıcını doğrular. Geçerli bir negatif yarım döngünün başlangıcından itibaren, giriş dalgasının pozitif olduğu herhangi bir zamanda toplanır. Toplam, 8 milisaniye (60 Hz uygulama için 6,7 milisaniye) eşit olduğunda, yani, her yarım döngü için yaklaşık % 80, geçerli bir pozitif yarım döngü çıkarır ve girdinin negatif gitmesini aramaya başlar. Benzer bir negatif giriş periyodundan sonra geçerli bir negatif yarı çevrim üretir, Bu, geçişlerin kaldırıldığı ve zamanlamanın sadece döngü içindeki

pozisyonundan bağımsız olarak bir geçici darbe süresi boyunca arızalı olabileceği anlamına gelir. Bir geçici darbe nedeniyle bir "yanıltıcı" faz arızası oluştuğunda, bir sonraki yarım döngüde doğru faz ilişkisi geri yüklenir. Şekil 3.22' de ki deki dalga formları ona ilişkin prensibi göstermektedir. Bu şekilde üretilen geçerli ana referans, her N çevriminde bir örnekleme darbesi elde etmek için önceden ayarlanmış bir N sayısı ile bölünür, N değeri, pratikte, 1-20 Her bir örnekleme darbesinde, sürekli bir döngü sayacındaki sayı, A kaydına aktarılır, daha önce A'daki numara B'ye aktarılır, daha önce B'deki sayı C'ye aktarılır ve bu şekilde devam eder. En eski saklanan sayım (K) ve ortanca saklanan sayım (F) arasındaki fark beş örnekleme aralığı için geçen süreyi gösterir. Benzer şekilde, (ortalama saklanan sayım (F) ve en yeni saklanan sayım (A) arasındaki fark, sonraki beş örnekleme aralığı için geçen süreyi gösterir. Bu farkların çıkarılması, en eski beş örnek arasındaki frekanstaki değişime bağlı olarak bir sayı verir. Bu hesaplamaya bakmanın başka bir yolu da, sabit şebeke frekansı için orta kayıttaki sayının A ve K sayılarının ortalamasına eşit olacağıdır. A ve K ortalamalarından 2F- (A + K) değeri, F'nin çıkışını temsil eder.

Sayaç giriş frekansı (18000 Hz), 50 Hz'de faz başına bir döngüyü temsil eder. 60 Hz uygulamaları için 21600 sayıcı giriş frekansı kullanılır. 2F - (A + K) değeri bu nedenle "5N döngülerine eşit bir süre boyunca faz arızası" olarak tanımlanabilir, Bu sayı önceden belirlenmiş kabul limitleri ile karşılaştırılır ve iki ardışık kontrolde sınırlar aşılırsa açma devresi etkinleştirilir , Kabul limitleri dışında iki ardışık kontrol şartı, izole edilmiş bir " yanıltıcı " sayımı nedeniyle açma olasılığını ortadan kaldırır (her sayım atılmadan önce üç kez kullanılsa da, aynı sayım ardışık kontrollerde kullanılmaz). Her bir kayıt sadece 0-255 arası bir sayıyı tutabildiğinden, "taşma" meydana gelecektir. Bu gerçek bir zorluk değildir. 0-127 aralığı, pozitif sayıları temsil etmek için kullanılır ve 128-255 aralığı, 256' nın eksi sayıları temsil ettiği varsayılır. Ekleme için "taşıyıcı birimleri" ihmal edilir ve +256 "borçlanma birimleri" çıkarılabilir. -128 ila +127 aralığında sonuç elde edilir. Pratik kabul aralığı normalde 24'ten az olduğu için, bu oldukça tatmin edicidir. Frekans değişiminde ani büyük oranlarda belirsizlik nedeniyle arıza yapma olasılığı da en aza indirilmiştir çünkü tam oran belirlenmeden önce 10 aşamalı kontrol gerçekleşir.

Operasyon prensibi için sadece 3 kayıt gerekli olsa da, aslında 11 tane kullanılır. Bu, 5 kez daha sık kontrol edilmesine neden olur (dolayısıyla, açma işleminden önce daha az gecikme ile), duyarlılık,yukarıda tarif edilen şebeke kaybının meydana geldiği sayım döngüsündeki noktaya daha az bağımlıdır ve izole edilmiş bir " yanıltıcı " sayımının önüne geçer.

Arıza rölesi normalde ROCOF arz kaybı bir arızaya neden olacaktır. Böylece arıza gücün kesilmesini düzenler. Arızanın otomatik sıfırlanması, limitler dahilinde 16 ardışık kontrolden sonra gerçekleşir.

Rölenin şekil 3.22’ de ki 1. sinyal versiyonu uygun bir panelde ve bir yardımcı düşürücü veya yardımcı rölesinin bağlanmasına izin vermek için dahili yardımcı kontaklarda dahili olarak monte edilmek üzere tasarlanmıştır. Röle, geçici gerilim düşümünden, 0,3 saniye boyunca geri çekme gerilimının% 10'una kadar düşürülmüş veya nominal gerilimın% 60'ına kadar sabit durumlu bir çöküntüden etkilenmemiştir.

Koruma onayı panelinin temsilcileri ve Elektrik konseyleri ile yapılan çok faydalı tartışmalar sonucunda, ayrı bir 30V D.C. röle güç kaynağı için işaret 1 rölesinde isteğe bağlı düzenleme yapılmıştır. (bir pil grubundan örnek alınmıştır). Nominal gerilimın % 10'una kadar gerilimlerde yardımcı besleme röle geçici veya uzun süreli etkilenmediği izlenmiştir.

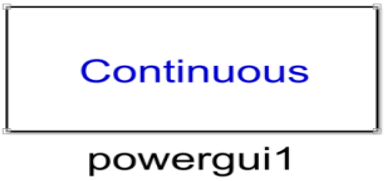
Şekil 3.22’ de ki 2. sinyalin yerini alan 2. sinyal rölesine diğer öneriler dahil edilmiştir. Bu, ön panel montajlı olabilir, standart bir manuel sıfırlama bayrağını ve rölenin% 30'a kadar uzatılmış gerilim düşüşlerinden etkilenmemesi için tasarlanmış bir şebeke güç kaynağı içerir. anma gerilimi. BS142'ye (Warin 1981) göre yüksek frekanslı bozulma testi, izolasyon testleri ve dürtü gerilim testleri de yapılmıştır.

Kullanılacak en iyi ayarlar, yanıltıcı tetikleme olmadan maksimum duyarlılık sağlayanlardır. Hassasiyet, N'nin değeri ve kabul limiti ile belirlenir. Şebeke empedansına uygulanan ani yük değişikliklerinin etkisi nedeniyle anlık faz kayması şebekede meydana gelebilir. Aşırı durumlarda bu anlık kayma 5 dereceye kadar çıkabilir. Bu nedenle kabul bandı üzerinde bir alt sınır oluşturur. Sabit frekans değişim oranları için, duyarlılık N karesi ile orantılıdır ve kabul bandı ile ters orantılıdır. Çok

uzun süreli testler, N kare karesinin kabul bandı tarafından yaklaşık 3'e eşit olduğu zaman optimum ayarların olduğunu göstermiştir. Pratikte, şebeke kaybı sadece bir ana taşıyıcıda yükte küçük değişiklik olması sonucu, sabit bir değişim oranından ziyade frekanstaki bir adım değişikliğine daha yakındır. Frekanstaki bir adım değişikliğine karşı hassasiyet, N karesi yerine N ile orantılıdır. Bu nedenle, küçük bir kabul bandı ve nispeten daha küçük bir N karesi kullanılması avantajlıdır. Şebeke kaybının ana taşıyıcı üzerinde çok büyük bir yük değişikliği ile sonuçlanacağı ve çok hızlı bir açmanın gerekli olduğu biliniyorsa, N = 1 değeri kullanılabilir.

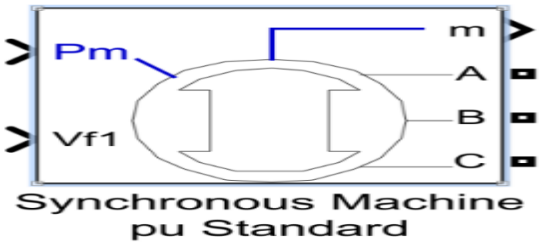
3.18.2. 3 Fazlı Yüksek Gerilim Güç Sistemi Devreleri İçin Sık Kullanılan Matlab Simulink Blokları

Powergui Bloğu,Simulink modelini simüle etmek için powergui bloğuna ihtiyaç duyulur. Modelin durum-alan denklemlerini temsil eden eşdeğer Simulink devresini modeller.



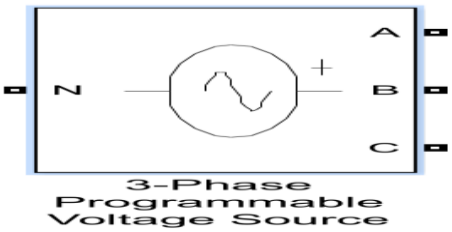
Şekil 3.27-Powergui Bloğu

Senkron Generatör Bloğu, Basitleştirilmiş Senkron Makine bloğu, basit bir senkron makinanın hem elektriksel hem de mekanik özelliklerini modeller.



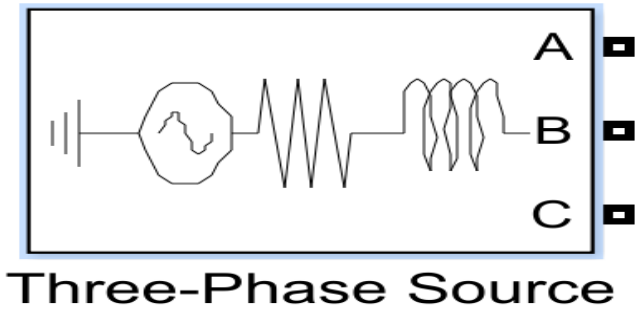
Şekil 3.28-Senkron Generatör Bloğu

3 Fazlı Programlanabilir Kaynak Bloğu**,** Zamanla değişen üç fazlı bir sinüzoidal gerilim oluşturmak için bu blok kullanılır. Ek olarak iki harmonik sinyal bu gerilime bindirilebilir.



Şekil 3.29-Senkron Generatör Bloğu

3 fazlı Dengeli gerilim kaynağı bloğu, Bir iç RL empedansı ile. Yıldız ve Nötr bağlantısı yapılmıştır. Kaynak iç direncini ve endüktansını doğrudan girebilir veya kaynak endüktif kısa devre seviyesini X / R oranını belirtebilirsiniz .

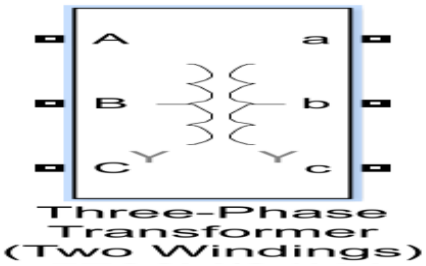


Şekil 3.30-3 fazlı Dengeli gerilim kaynağı bloğu



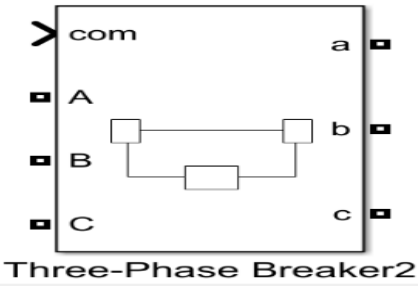
Şekil 3.31-Topraklama Bloğu

3 Fazlı Transformatör Bloğu, Bu blok, üç adet tek faz kullanan transformatör bloğudur.



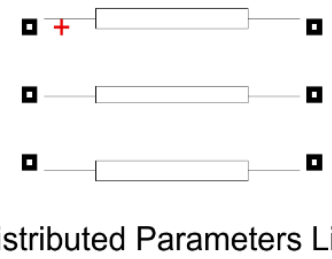
Şekil 3.32-Fazlı Transformatör Bloğu

3 faz Kesici Bloğu**,** Kesiciler genelde Kaynaktan sonra ve yükten önce bağlanır. External girişi sayesinde röleler aracılığı ile devreye enerji akışını ark oluşturmadan devreyi çok hızlı açan anahtar görevi yapar.



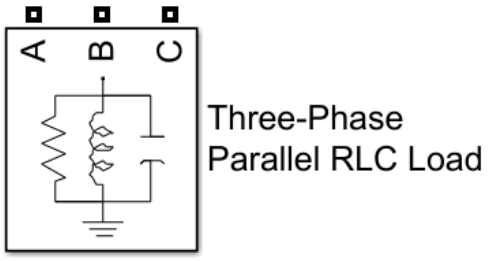
Şekil 3.33-3 faz Kesici Bloğu

3 Fazlı Hat Bloğu**,** Kayıpları eklenmiş 3 fazlı dağıtılmış parametre iletim hattının Mesafesini, indüktif, Kapasitif ve Direnç Değerlerini girebileceğimiz 3 Fazlı Hat Bloğu



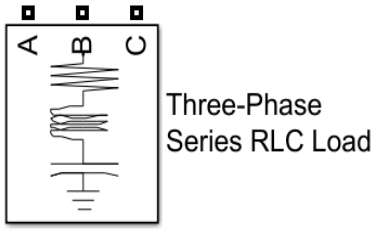
Şekil 3.34-3 Fazlı Hat Bloğu

3 Faz paralel yük bloğu matlab kütüphanesinden seçilebilinir.



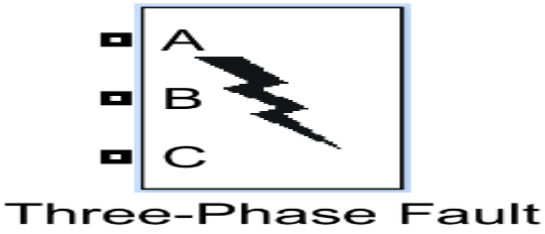
Şekil 3.35-3 Faz Paralel Yük Bloğu

3 Faz seri yük bloğu matlab kütüphanesinden seçilebilinir.



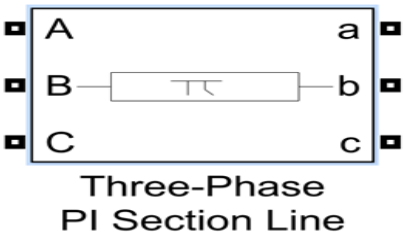
Şekil 3.36-3 Faz Seri Yük Bloğu

3 Faz Arıza Verdirme Bloğu,Tek Faz-Toprak, 2 Faz-Toprak, Faz-Faz, 3 Faz Temas, 3 Faz-Toprak Arızaları oluşturulabilir.



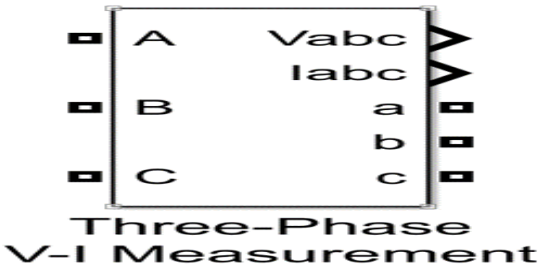
Şekil 3.37-3 Faz Arıza Verdirme Bloğu

3 fazlı PI Hat bloğu, Eşdeğer PI hat devresi bloğudur.



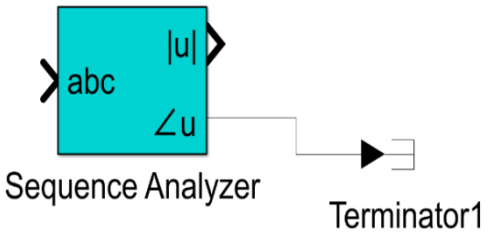
Şekil 3.38-3 fazlı PI Hat bloğu

3 Faz V-I Ölçüm Bloğu,Üç fazlı bir devrede akım ve gerilimleri Anlık ölçmek için kullanılır. Orta ve yüksek gerilim hatlarında Akım ve Gerilim trafosu kullanmadan ölçüm yapmamızı sağlar.



Şekil 3.39-3 Faz V-I Ölçüm Bloğu

Analiz Cihazı Bloğu,Üç fazlı sinyalin pozitif, negatif ve sıfır bileşenlerini ölçer ve hesaplar. Devredeki harmoniklerin tespitinde kolaylık sağlar. Dizin 1 pozitif diziyi , dizin 2 negatif diziyi , ve dizin 0 da sıfır dizini belirtir .

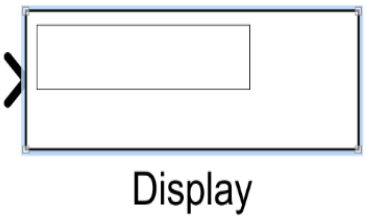


Şekil 3.40-Analiz Cihazı Bloğu

Osiloskop Ölçüm Bloğu**,** Akımı ve Gerilimi ölçülmesi istenen noktaya bağlantı yapılarak 3 fazda gözlem yapılabilir



Şekil 3.41- Osiloskop ölçüm bloğuekran bloğu, girilen değerleri gözlememize yardımcı olur



Şekil 3.42 Ekran Bloğu

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Adalaşmayı tespit için materyal metot kısmında çeşitli koruma yöntemleri açıklanmıştır. Bu yöntemlerden aktif olanlar sisteme azda olsa enerji enjekte edilmesi nedeniyle güç kalitesini etkiliyeceğinden sadece, pasif yöntemlerin avantaj ve dezavantajları tartışılmıştır. Bu rölelerin seçimi yapılırken üretilen enerji ve beslenecek yük dengesi rölelerin doğru seçiminde en önemli parametredir. Bazı durumlarda adlaşmayı tespit etmek için iki farklı röle birlikte kullanılmaktadır. Günümüzde pasif yöntemlerden en etkili olan ROCOF ve VS röleleri bazı eksikliklerine rağmen birlikte kullanıldıkları zaman genel anlamda kabul görmektedirler. Bu rölelerin çalışmaları grafiklerle açıklanmıştır. İki rölenin maliyetli olmasından dolayı Salman ve ark. (2005) tarafından geliştirilen formül ve sonuçları karşılaştırmalı olarak grafiklerle açıklanmıştır.

Bu çalışmaya özgü matlab simülasyon programı ile, ana şebeke ile paralel çalışan çift generatörlü örnek DG sistemi oluşturulmuştur. Bu sistemde adalaşmaya neden olan farklı arızalar oluşturulmuş ve arıza durumunda oluşan akım, gerilim, frekans değişimleri grafiklerde gösterilmiştir. Yine bu çalışmaya özgü ROCOF rölesi matlab simülasyon ortamında tasarlanmıştır. Bu çalışmalarla birlikte Dicle Üniversitesi güneş santrali sisteminin gerçek zamanlı dataları örnek alınarak matlab simülasyon ortamında tasarlanmıştır.

Öncelikle ROCOF ve ROCOP röleleri değerlendirilmiştir. Açıklanan iki röle, her ikisi de bir şebeke kaybı tespit etmek için alternatör kurulumlarında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Şebeke kaybı tespit edildiğinde, röleler yerel yükü şebekeden "ada modunda" yerel yükü besleyen alternatörden ayırır.

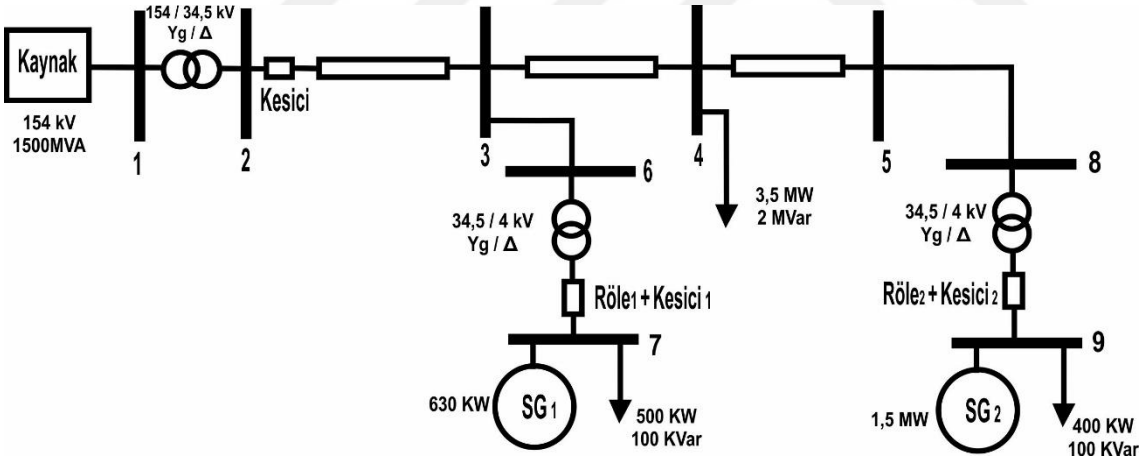
Reaktif güç hatası bulma rölesi, gerilim ve akım trafo girişlerinin yanı sıra Otomatik Gerilim Regülatörü'ne (AVR) de bağlanmayı gerektirir. Bazı kurulumlar gerekli olabilir ve açma süresi tipik olarak 2-5 saniyedir, diğer yandan ROCOP sadece tek fazlı bir algılama kaynağı gerektirir, önceden kalibre edilir ve normal ayarlarda 0,3 - 0,7 saniyede açılır (büyük yüklerin değişiminde açma süresi 0.8 saniyeden daha azdır).

En pratik durumlarda ROCOF tercih edilir ve oldukça tatmin edicidir. Birkaç durumda ROCOF ve REED (Reactive Power Export Error Detection Relay) rölelerinin

her ikisi de kullanılır. Bunun nedeni, bazı tesislerde, bir şebeke kaybının alternatördeki yükün % 1'inden daha az değişmesiyle sonuçlanabileceğidir. Eğer ana taşıyıcı herhangi bir döngüsel hız varyasyonuna sahip değilse, örneğin bir türbin, yerel bir yük değişimi bir frekans geçişi üretene kadar ROCOF tarafından bir şebeke kaybı algılanamaz. Bu nedenle, bir yük değişikliğine bağlı olmayan REED (Reactive Power Export Error Detection Relay) ek koruma olarak kullanılır. Bu düzenleme, reaktif güç hatası bulma rölesinin "dengeli yük" kabiliyeti ile ROCOF rölesinin çoğu durum için daha hızlı açmasını kolaylaştırır.

ROCOF, nispeten büyük oranlardaki frekans değişiminin normal olduğu çok küçük bir tedarik sisteminde kullanılmaya uygun olmayacaktır. Bu, büyük bir şebekeye bağlı olmayan bireysel yerel elektrik santralleri, küçük adalar vb. uzak bölgelere uygulanabilir. REED, bu tür durumlarda yalnızca arızanın düzelmesi için gereken süreyi hesaba katacak şekilde kullanılabilir.

Şekil 4.1'de tasarlanan sistemle, yukarıda belirtilen durumlar incelenmiştir.

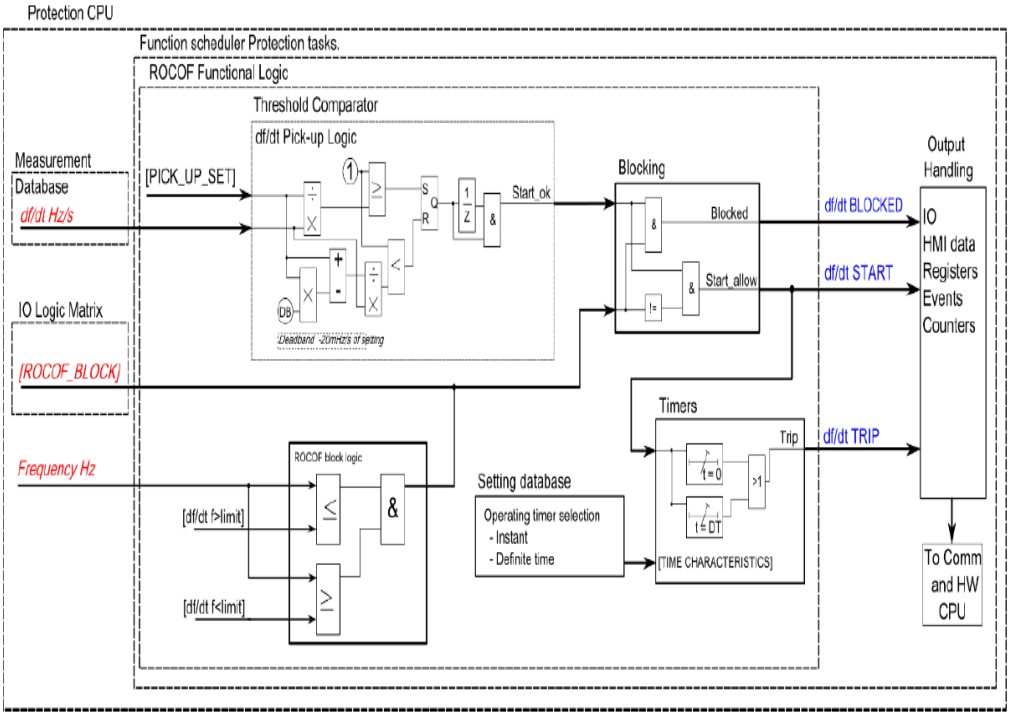


Şekil 4.1- İki bireysel yerel santralin ana şebeke ile paralel çalışmasını göstermektedir

Her bir kademenin devreye sokulması ve devre dışı bırakılması MATLAB simulink simülasyon programında bulunan rölenin koruma fonksiyonu menülerinden bilgi sekmesinde yapılabilir. Fonksiyonun çıktıları Start, Trip ve Blocked sinyalleridir. Ayar parametreleri, işlevin kurulum aşamasında yalnızca kullanıcı girişi tarafından değiştirilen statik girdilerdir. Frekans koruması, ortak bir kaynaktan seçilebilen toplam sekiz ayrı ayar grubundan yararlanmaktadır. İşlev, anında veya gecikmeli modda

çalışabilir. İşlemsel mantık girdi büyüklüğü işleme, eşik karşılaştırıcısı, iki blok sinyal kontrolü, zaman gecikmesi karakteristikleri ve çıktı işlemeyi içerir.

Şekil 4.2'te görüldüğü gibi, yukarıdaki karşılaştırmalar için MATLAB Simülasyon programında oluşturulan röle örneğinde kurgulanan sistemin özelliklerini taşıyan ayar değerleri röleye uygulanır. Bu ayar değerleri: çalışma modu seçimleri, ayar parametreleri, ölçülmüş ve önceden işlenmiş frekans büyüklükleri ve ikili giriş sinyalleridir. Fonksiyon, doğrudan IO (Giriş/Çıkış) kontrolü için ve kullanıcı mantık programlaması için kullanılabilen START, TRIP ve BLOCKED sinyallerini verir. Fonksiyon, operasyonunu kayıtlara kaydeder ve ayrıca üç çıkış sinyalinin her birinden ortak olay birimine AÇIK/KAPALI durumunu sağlar. Anlık çalışma modunda, işlev START ve TRIP olaylarını aynı zamanda zaman damgasıyla eş zamanlı olarak çıkarır. Zaman damgası çözünürlüğü 1ms'dir.



Şekil 4.2- ROCOF fonksiyonunun basitleştirilmiş fonksiyon blok diyagramı

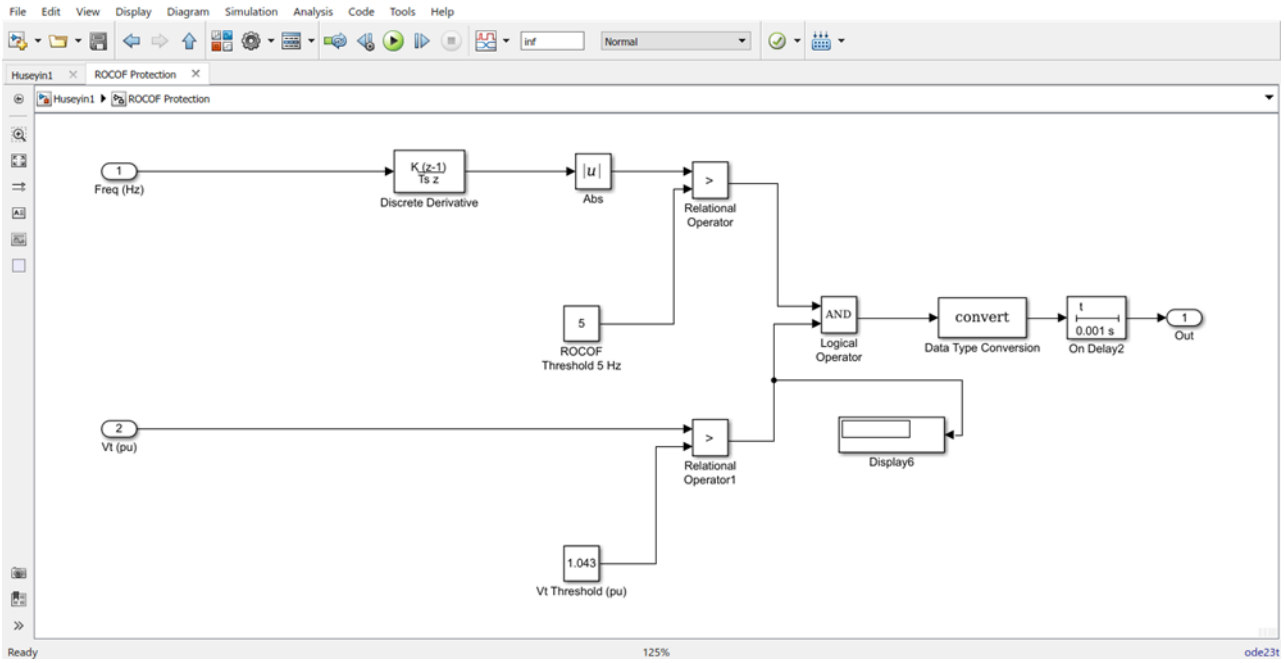
Şekil 4.3'te, ROCOF rölesinin Simulink modeli gösterilmektedir. Bu modelde MATLAB Simulink Bloklarında yer almayan ve simule edilmiş model hazırlanmıştır.

Frekans ve gerilim terminali olmak üzere iki giriş bulunmaktadır, Rölenin açma yapabilmesi için aşağıda belirtilen iki farklı koşulunda "1" ile sonuçlanması gerekmektedir.

1. Koşul için; 1. Terminalden giriş yapan Frekans "Freq (Hz)", değişim oranını hesaplayan bir "Ayrık Türev" bloğuna uygulanır ve sinyalin mutlak değeri alınır. Buradan elde edilen frekans değeri, belirlenen eşik frekans değerinden yüksek ise "true" (doğru) olur ve "VE" kapısının ilk girişine "1" değerini gönderir.

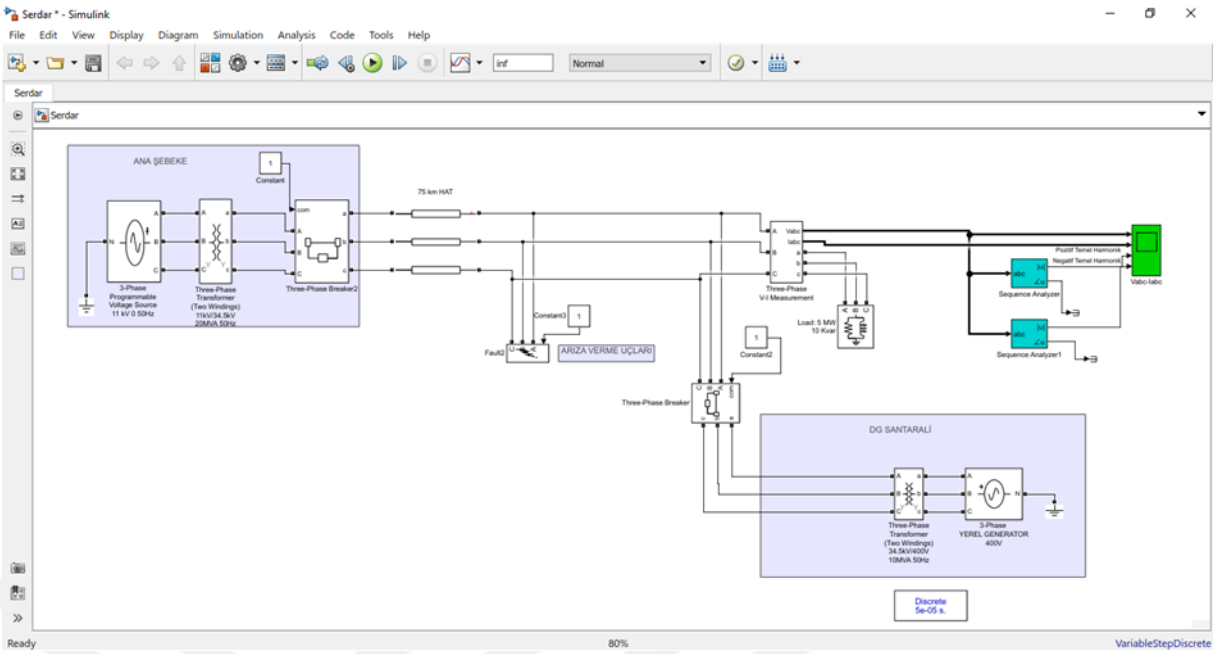
2. Koşul için; 2. Terminalden giriş yapan gerilim Vt (pu) ayarlanan bir eşik ile karşılaştırılır ve girişteki değer bu eşik değerinden yüksek ise, "VE" kapısının ikinci girişi de "true" (doğru) olur.

Bu iki koşulunda "1" olması ile "VE" kapısı çıkışı "1" olur ve Kesiciye açma komutu gönderilmiş olur.



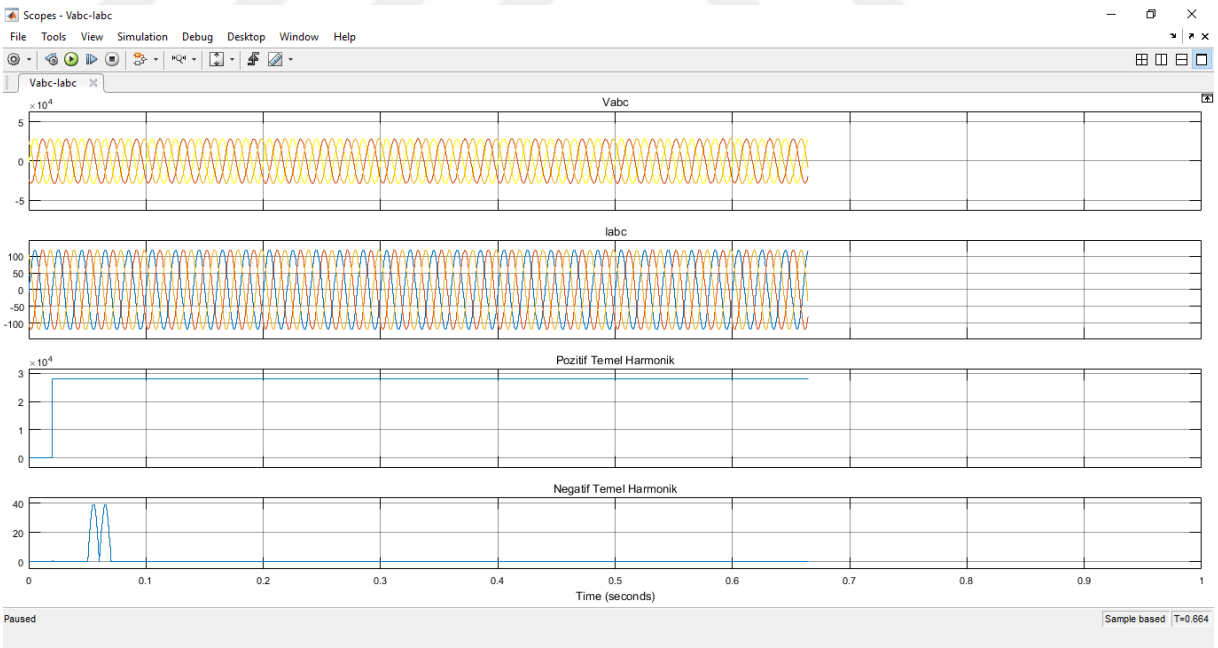
Şekil 4.3- ROCOF Rölesi MATLAB Sımulınk modeli

Şekil 4.4'te Şebeke ile DG'nin birlikte çalışması MATLAB Simulink ortamında tasarlanmıştır ve bu şekilde tasarlanan sistemlere ROCOF rölesi uygulanabilir.



Şekil 4.4-Şebeke ve DG'nin birlikte çalışması MATLAB Simulink ortamında tasarlanması

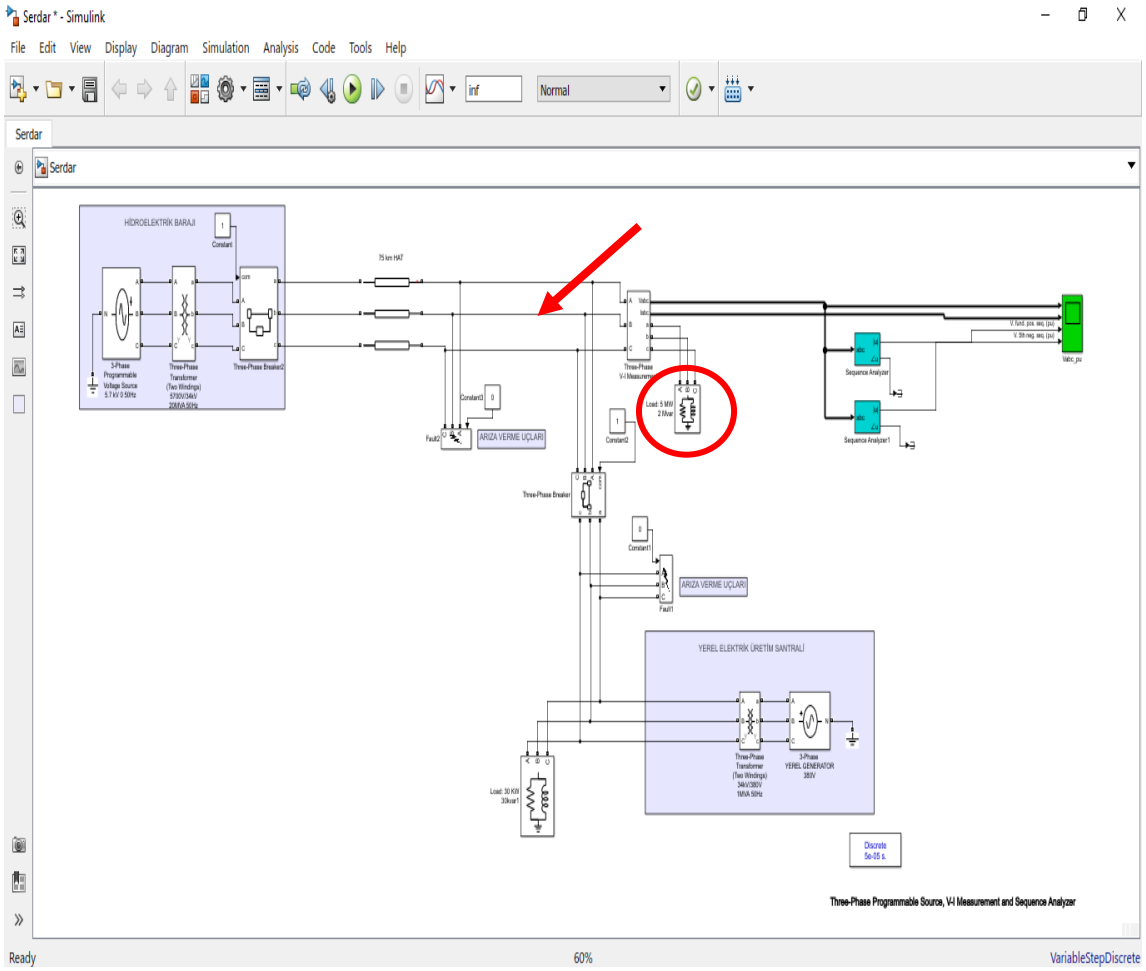
Şekil 4.4'te tasarlanan sistemin Simulink ortamında simule edilmesi sonucunda elde edilen scop grafikleri Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



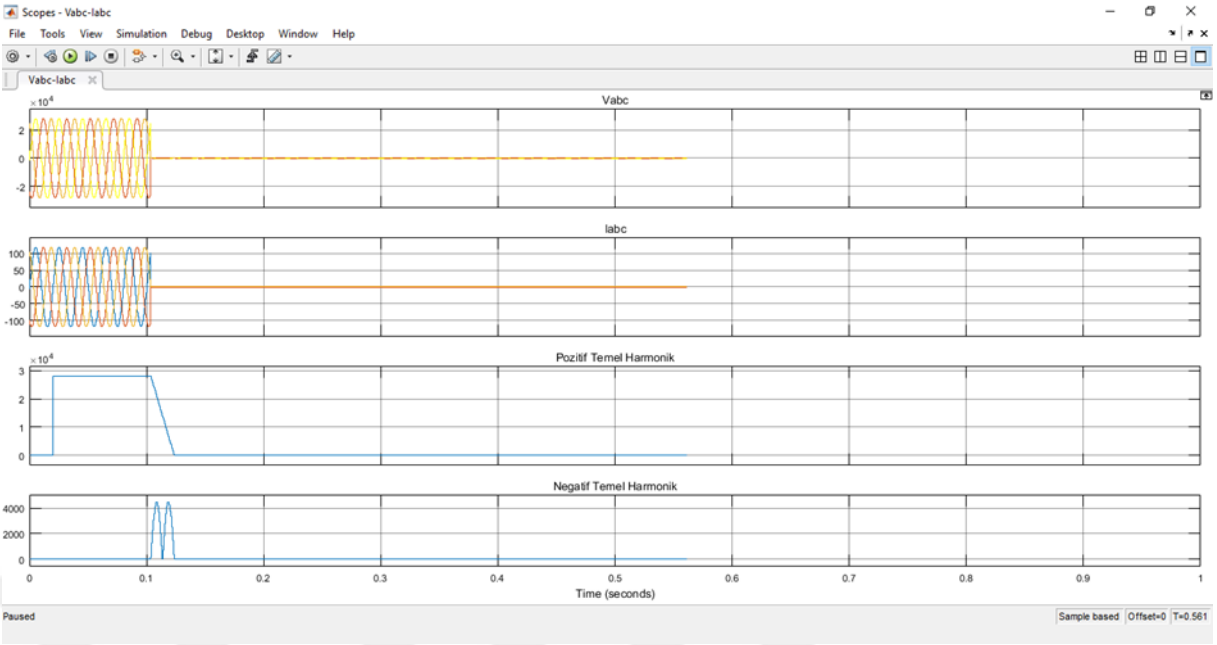
Şekil 4.5- Şebeke ve DG nin Birlikte Çalışırken Akım Gerilim Grafiği MATLAB SIMULINK

Şekil 4.5'te DG'nin ürettiği güç yükün gücünün %50'si kadar olduğu durum ve Simülasyonda bu değerler doğrultusunda arıza yok iken Akım(Iabc), Gerilim (Vabc), Pozitif ve Negatif squance değerleri grafiklerle gösterilmiştir.

Bu bölümde Adalaşma (Islanding) durumu MATLAB Simulink programı ile Şekil 4.6'daki gibi simüle edilip, farklı arıza durmlarına göre (3 faz toprak, 2 faz ve tek faz arızaları) oluşturulan seneryolar sonucunda yük ile senkron generatörün farklı durumlarına göre (lokal yükün yerel santral gücünden fazla ve az olma durumları) ana şebekenin ayrılması sonucunda oluşan adalaşmanın (Islanding) simülasyon sonuçları incelenecektir.

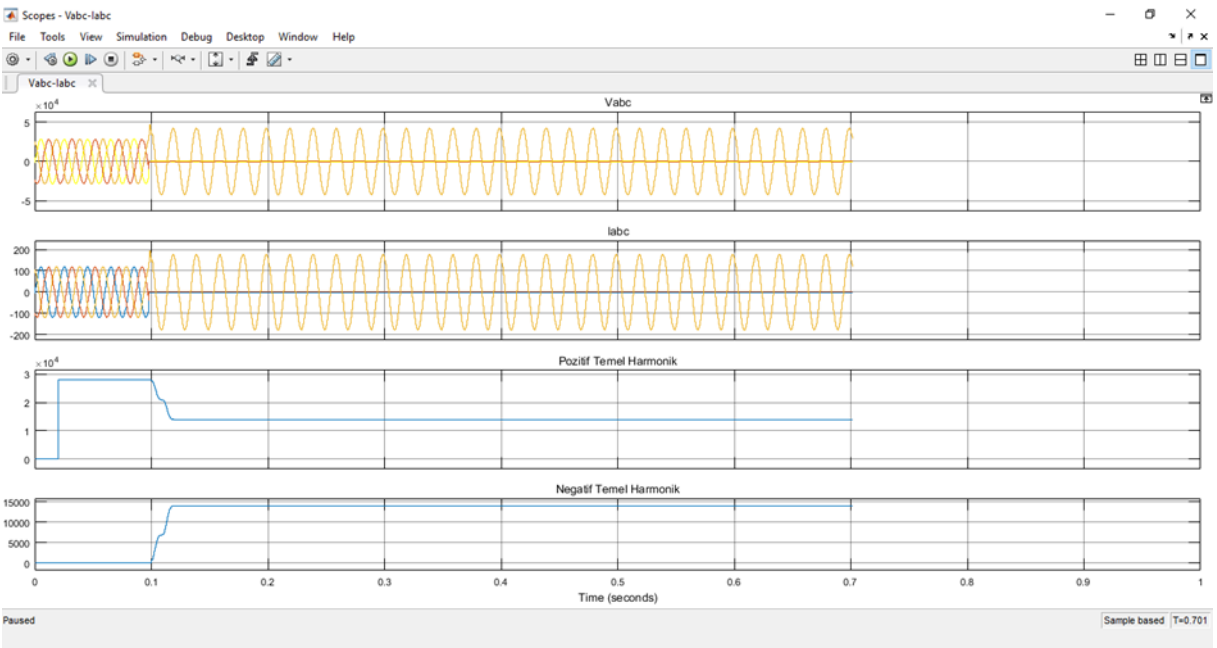


Şekil 4.6-3 Fazlı yüklü Devre üzerinde arıza noktası



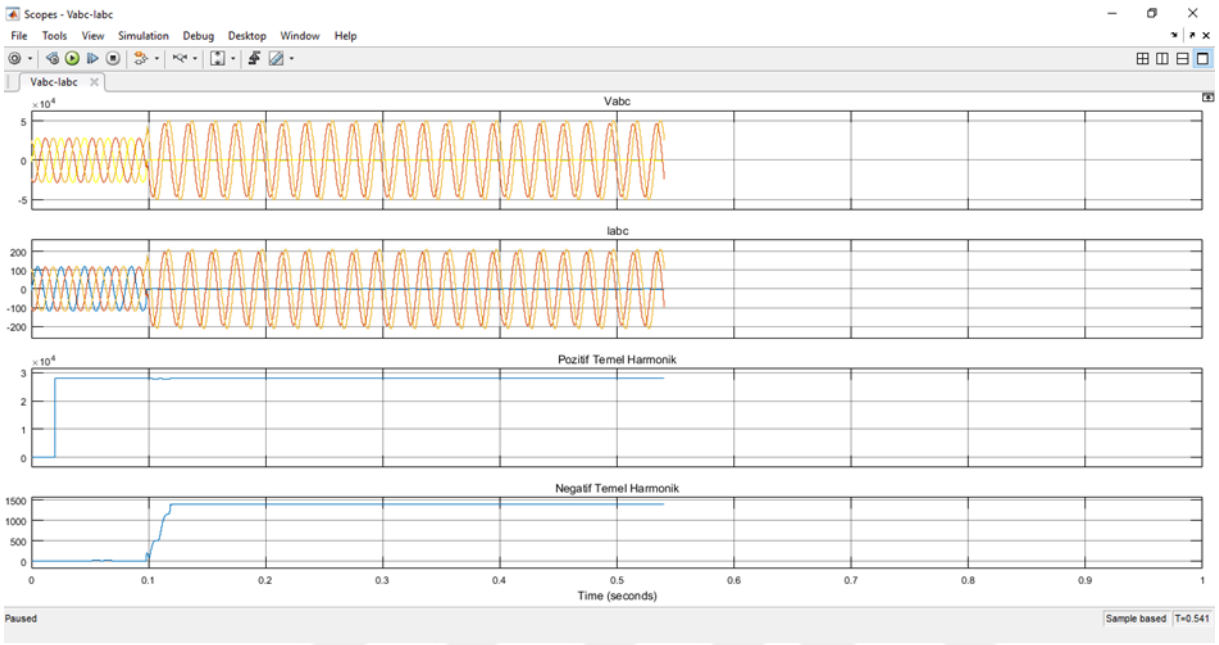
Şekil 4.7- Dağıtım seviyesinden bağlana DG'nin ana şebekede de 3 faz toprak arızası meydana gelmesi ve %50 yük ile ölçüm sonucu

Şekil 4.7'de DG'nin ürettiği güç yükün gücünün %50'si kadar olduğu durum ve Simülasyonda bu değerler doğrultusunda üç faz toprak arızası var iken Akım (Iabc), Gerilim (Vabc), Pozitif ve Negatif squance değerleri grafiklerle gösterilmiştir.

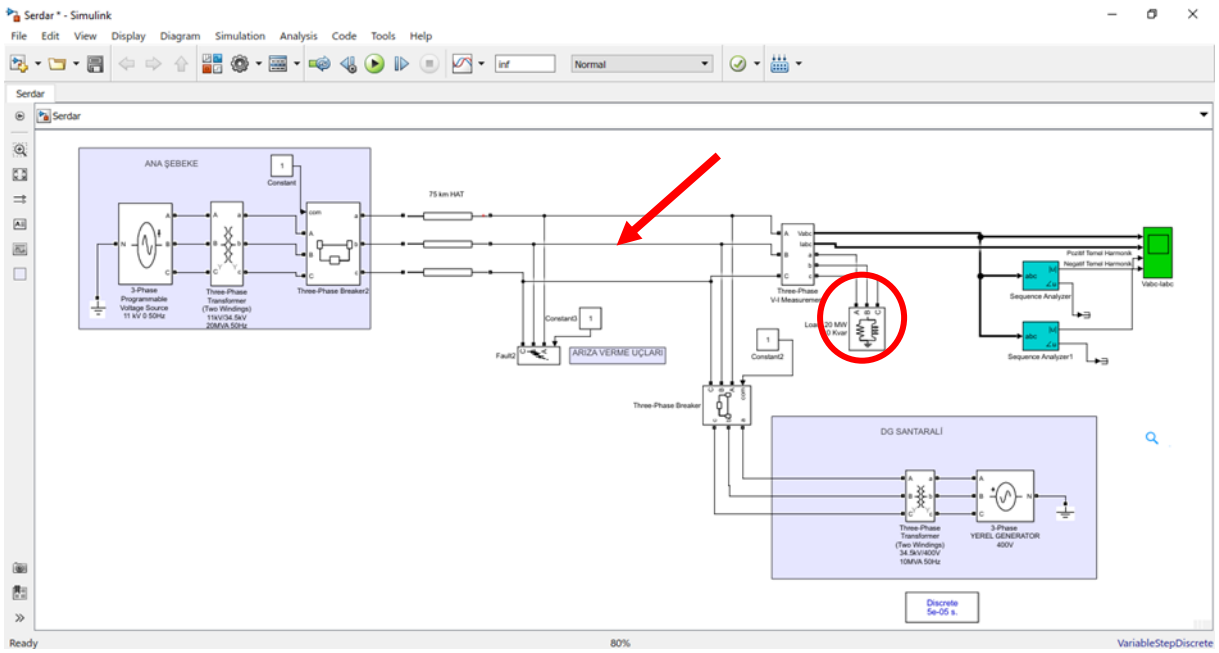


Şekil 4.8- Dağıtım seviyesinden bağlana DG'nin ana şebekede de 2 faz arızası meydana gelmesi ve %50 yük ile ölçüm sonucu

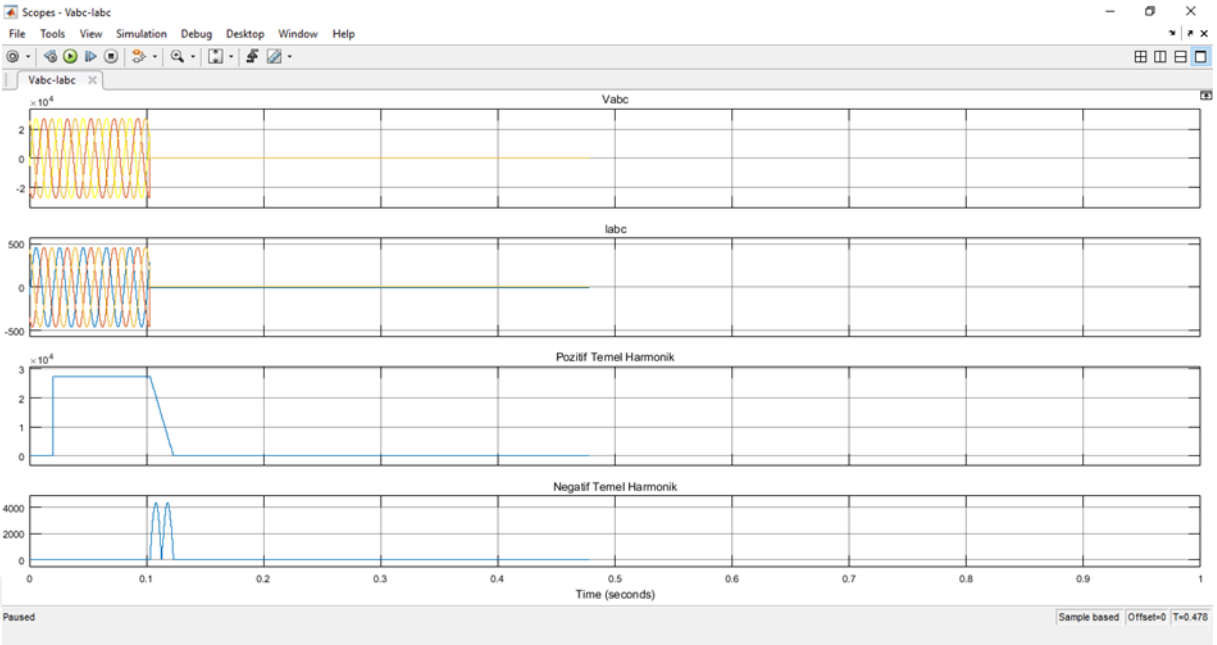
Şekil 4.8'de DG'nin ürettiği güç yükün gücünün %50 si kadar olduğu durum ve Simülasyonda Bu değerler doğrultusunda iki faz toprak arızası var iken Akım (Iabc), Gerilim (Vabc), Pozitif ve Negatif squance değerleri grafiklerle gösterilmiştir.



Şekil 4.9- Dağıtım seviyesinden bağlana DG'nin ana şebekede de tek faz arızası meydana gelmesi ve fazla yük ile ölçüm

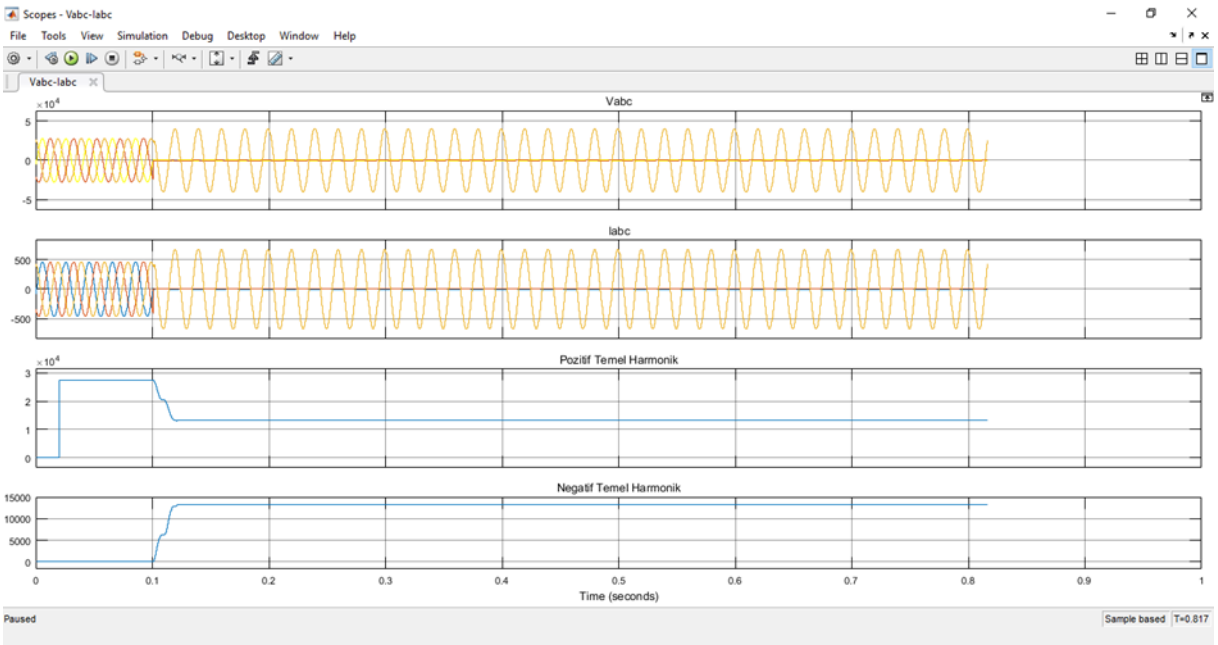


Şekil 4.10- %200 yüklü Devre üzerinde arıza noktası



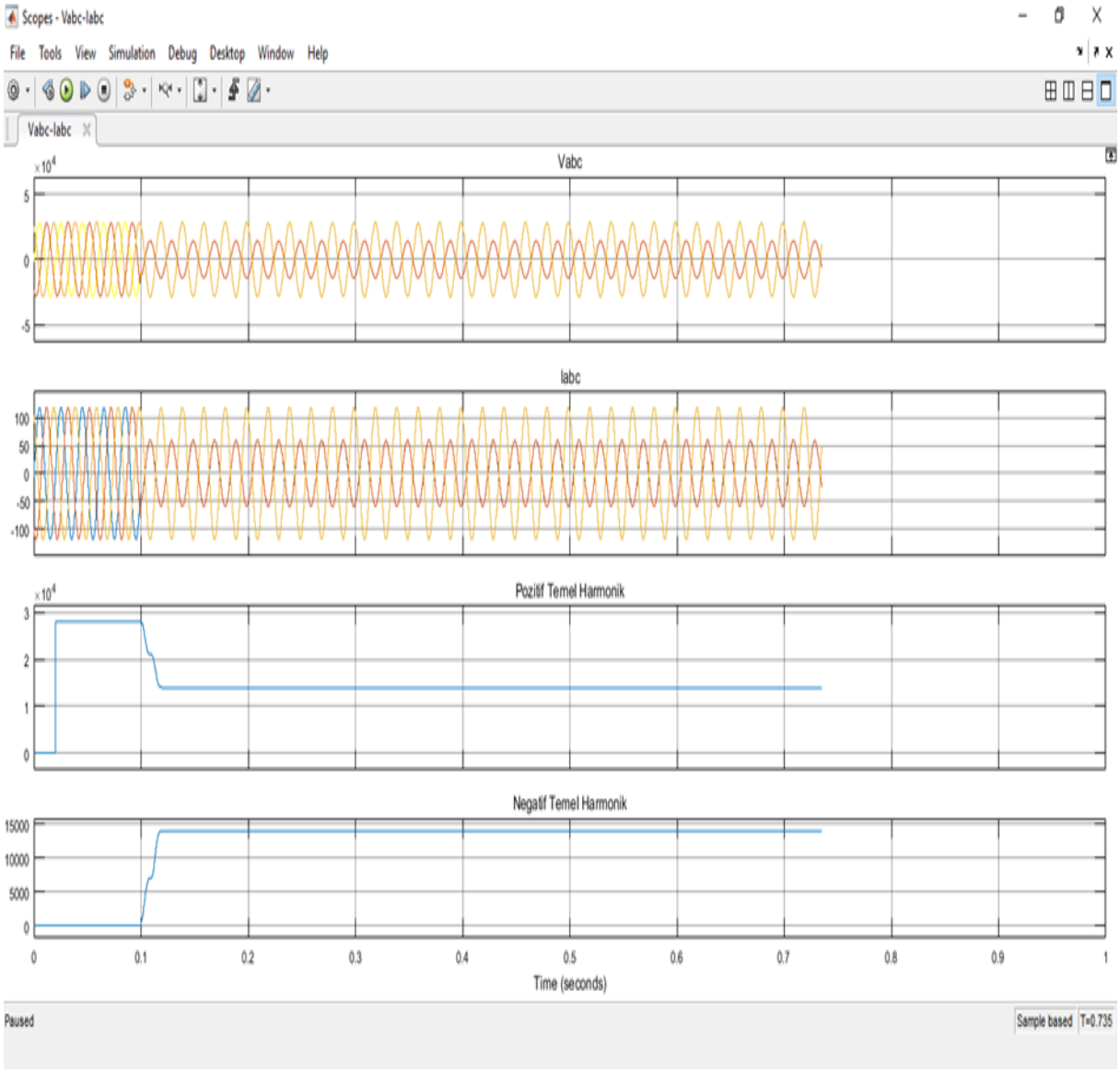
Şekil 4.11- Dağıtım seviyesinden bağlana DG'nin ana şebekede 3 faz toprak arızası meydana gelmesi %200 yük ile ölçüm

Şekil 4.11'de DG'nin ürettiği güç yükün gücünün %200'ü kadar olduğu durum ve Simülasyonda Bu değerler doğrultusunda üç faz toprak arızası var iken Akım (Iabc), Gerilim (Vabc), Pozitif ve Negatif squance değerleri grafiklerle gösterilmiştir.



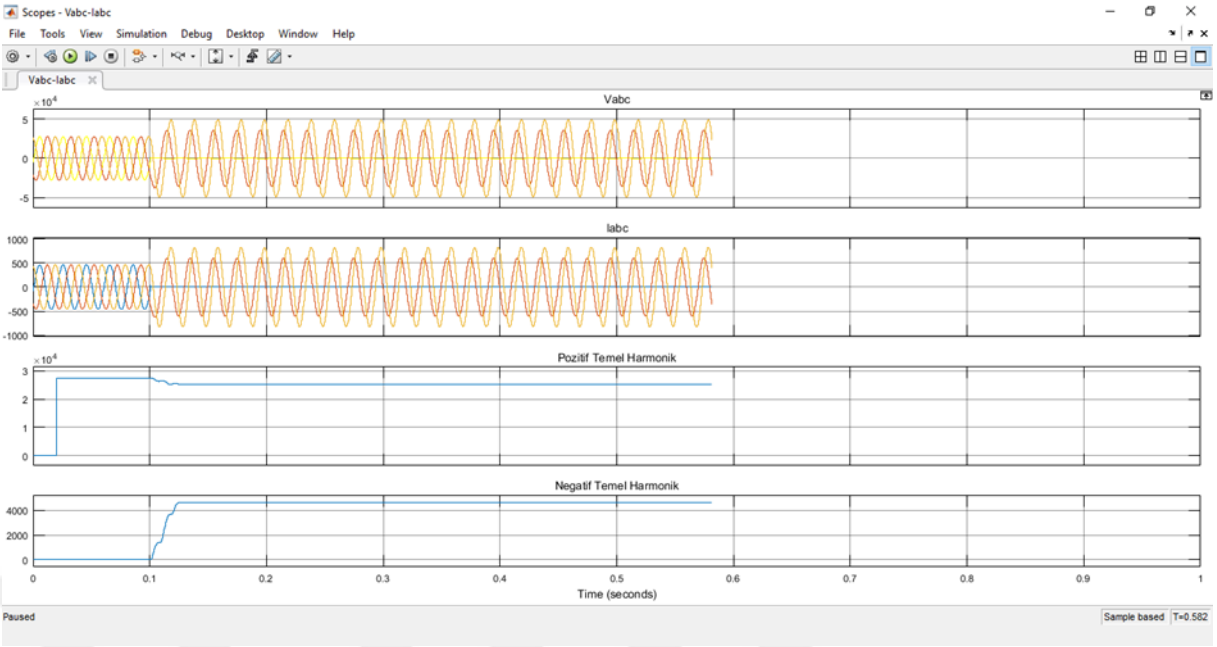
Şekil 4.12- Dağıtım seviyesinden bağlana DG'nin Ana Şebekede de 2 faz toprak arızası meydana gelmesi %200 yük ile ölçüm

Şekil 4.12'de DG'nin ürettiği güç yükün gücünün %200'ü kadar olduğu durum ve Simülasyonda Bu değerler doğrultusunda iki faz toprak arızası var iken Akım(Iabc), Gerilim (Vabc), Pozitif ve Negatif squance değerleri grafiklerle gösterilmiştir.



Şekil 4.13- Dağıtım seviyesinden bağlana DG'nin Ana Şebekede de 2 Faz arızası meydana gelmesi %200 yük ile ölçüm

Şekil 4.13'te DG'nin ürettiği güç yükün gücünün %50 si kadar olduğu durum ve Simülasyonda Bu değerler doğrultusunda iki faz arızası var iken Akım (Iabc), Gerilim (Vabc), Pozitif ve Negatif squance değerleri grafiklerle gösterilmiştir.

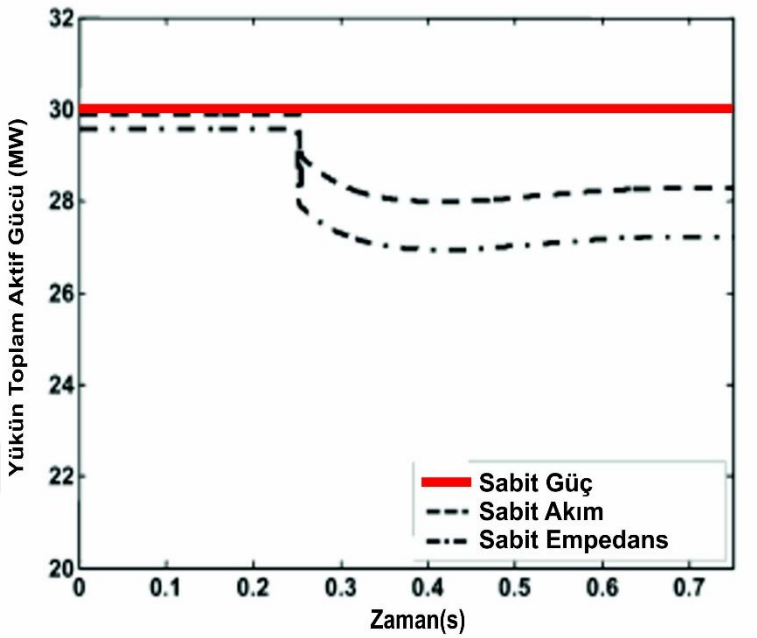


Şekil 4.14- Dağıtım seviyesinden bağlana DG'nin Şebekede tek faz toprak arızası meydana gelmesi %200 yük ile ölçüm

Şekil 4.14'te DG'nin ürettiği güç yükün gücünün %200'ü kadar olduğu durum ve Simülasyonda Bu değerler doğrultusunda Tek faz toprak arızası var iken Akım (Iabc), Gerilim (Vabc), Pozitif ve Negatif squance değerleri grafiklerle gösterilmiştir.

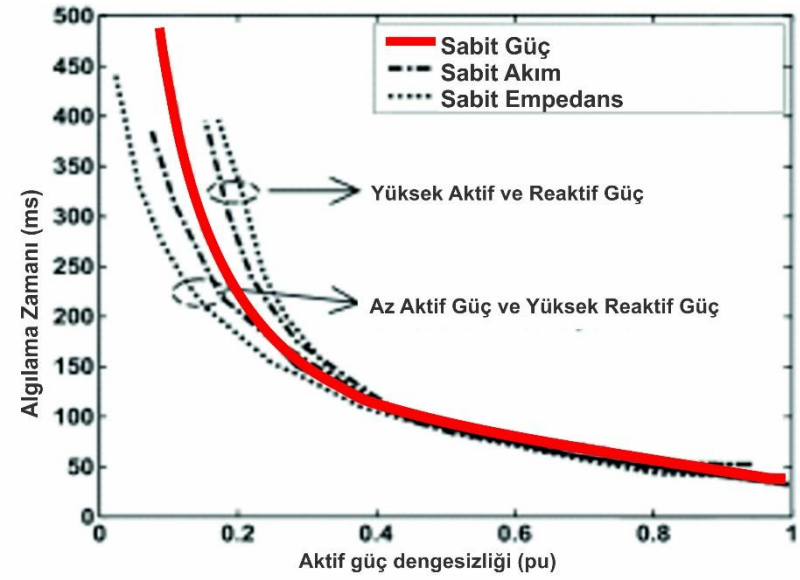
Önceleri ROCOF rölesi tek faz üzerinden değerlendirilmesi sebebiyle yanlış açmalara (örneğin yük değişimlerinin arıza gibi algılanması) neden olmaktaydı. Güneli ve Ark. (1998) 3 faza ayrı ayrı ROCOF rölesi yerleştirilmesi tespiti ile bu sorun büyük oranda çözülmüştür. Ancak 3 faz arıza ile yük değişimi röle tarafından yanlış algılanabiliyordu. Bu nedenle PLL ile faz açısının değişiminden arıza mı yoksa yük değişim mi olduğu tespit edilmesi ile bu sorun ortadan kalkmıştır. Bundan sonra geliştirilen röleler bu mantık üzerinden dizayn edildiği için önceden karşılaşılan problemler büyük oranda çözülmüştür. Bununla birlikte sistemlerde tam sonuç almak için vektör kayması ve ROCOF birlikte kullanılmaktadır. Aşağıdaki grafiklerde ROCOF ve Vektör kayması rölesi karşılaştırılmıştır. Salman ve Ark. (2005) iki rölenin maliyetinin fazla olması nedeniyle senkron generatörün atalet momentinden faydalanarak formül artı ROCOF rölesi kullanarak röle sayısını bire indirmeye çalışmıştırlar. Ancak bireysel yerel santrallerde senkron generatör kullanılmadan enerji

üretildiği için bu genel bir çözümü sağlayamamıştır. Bu çalışmanın grafikleri de aşağıda gösterilmiştir.



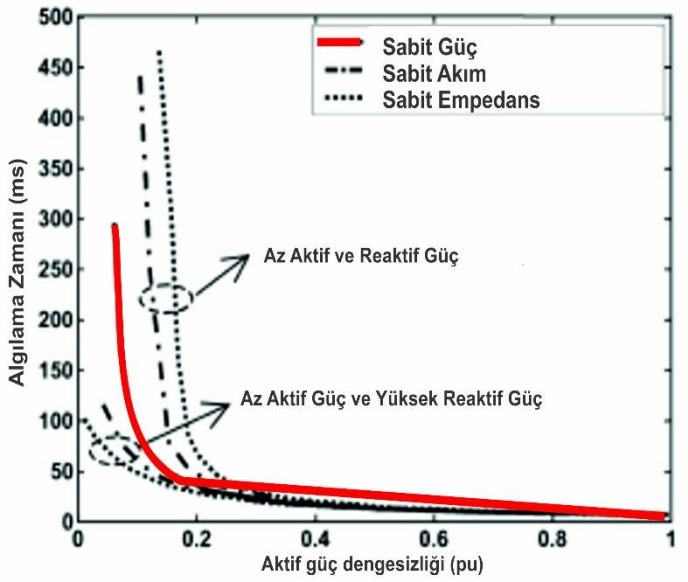
Şekil 4.15-Yükün toplam üretimden az olma hali (Salman 2005)

Şekil 4.15'te yükün üretimden az olduğu durumlarda elde edilen akım ve direnç değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.16-Aktif güç dengesizliği (Yüksek aktif ve reaktif güç)

Şekil 4.16'te yükün üretimden az olduğu durumlarda aktif güç dengesizliğinden aktif ve reaktif gücün yüksek olma ve az olma durumları rölenin algılama zaman grafiği gösterilmiştir.



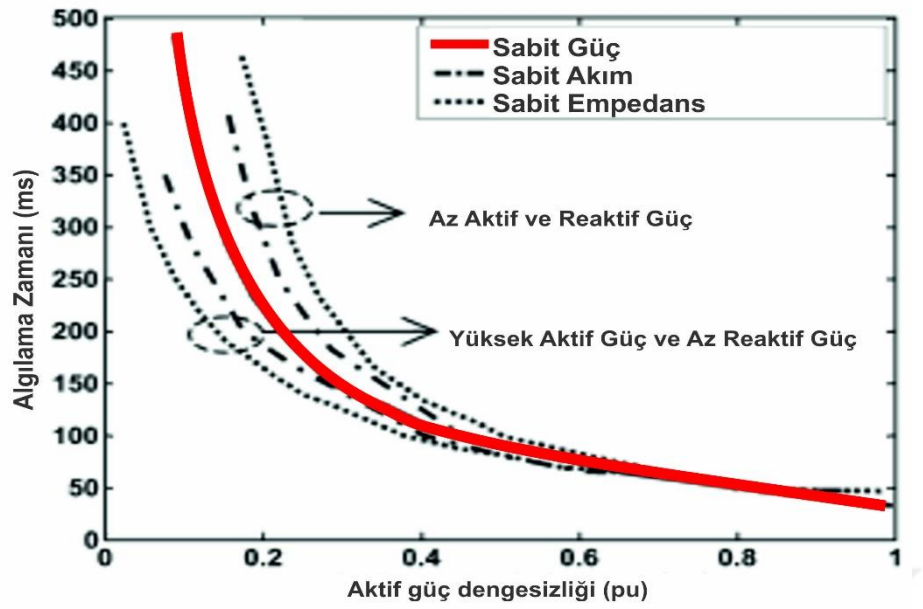
Şekil 4.17-Aktif güç dengesizliği (Az aktif ve reaktif güç)

Şekil 4.17'te yükün üretimden az olduğu durumlarda aktif gücün fazla reaktif gücün az veya aktif gücün az reaktif gücün fazla olma durumları karşılaştırılarak rölenin algılama zaman grafiği gösterilmiştir.

Çizelge 4.1- Vektör kayma ve frekans rölesi giriş değerleri

Frekans Rölesi Girişi (Hz)	VSR Girişi (Derece)
0.5	3
1.0	6
1.5	9
2.0	12
2.5	15

Çizelge 4.1'de vektör kayma ve frekans rölesi giriş değerleri gösterilmiştir. Grafikler rölenin bu değerleri sonucunda elde edilmiştir.



Şekil 4.18-Aktif güç dengesizliği (Yüksek aktif ve az reaktif güç)

Şekil 4.18'te yükün üretimden az olduğu durumlarda aktif gücün fazla reaktif gücün az veya aktif gücün az reaktif gücün fazla olma durumları karşılaştırılarak rölenin algılama zaman grafiği gösterilmiştir.

Çizelge 4.2-Vektör kayma ve frekans rölesi giriş değerleri 2

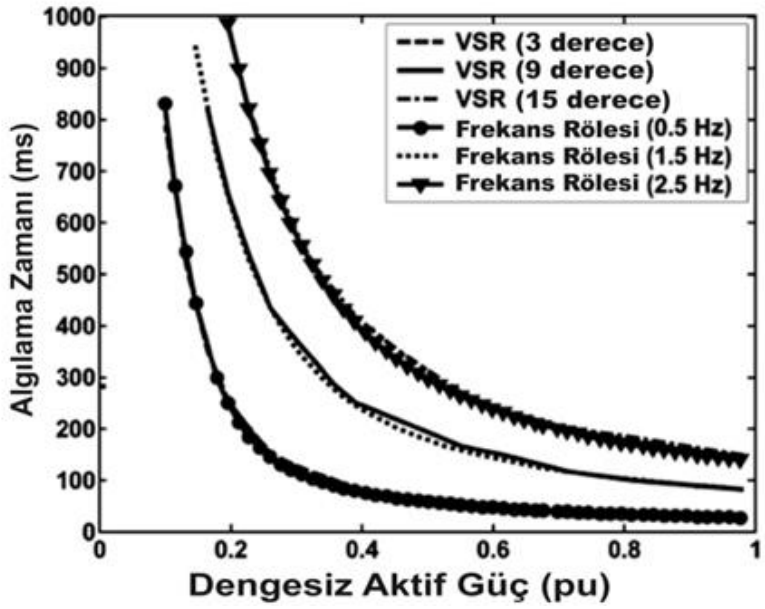
Frekans Rölesi Girişi (Hz)	VSR Girişi (Derece)
0.5	3
1.0	6
1.5	9
2.0	12
2.5	15

Çizelge 4.2'de vektör kayma ve frekans rölesi giriş değerleri gösterilmiştir. Grafikler rölenin bu değerleri sonucunda elde edilmiştir.

Çizelge 4.3-Vektör kayma ve frekans rölesi algılama karşılaştırması

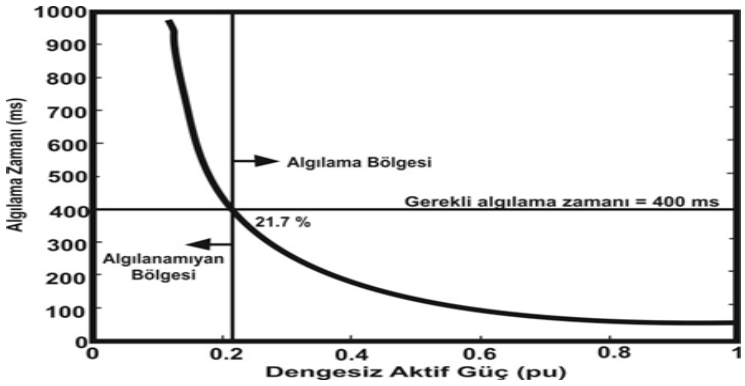
Kritik Güç Dengesizliği (%)						
Algılama Zamanı	300 ms		500 ms		700 ms	
Girişler FR/VSR	FR	VSR	FR	VSR	FR	VSR
0.5 Hz/3º	17.93	18.16	13.88	13.68	11.28	11.16
1.0 Hz/6º	25.91	26.18	18.82	18.96	14.97	14.96
1.5 Hz/9º	33.81	34.76	23.72	54.04	18.64	18.80
2.0 Hz/12º	41.65	43.33	28.57	28.76	22.26	22.26
2.5 Hz/15º	49.49	51.37	33.38	33.70	25.83	26.18

Çizelge 4.3'te iki rölenin algılama zamanları karşılaştırılmıştır. Hangi rölenin daha iyi performans gösterdiği çizelgeden takip edilebilir.



Şekil 4.19-VSR – Frekans rölesi karşılaştırma

Şekil 4.19'da frekans rölesi ile vektör kayma rölesinin sonuçları ve algılama zamanları karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.20-Frekans rölesi algılama noktası

Şekil 4.20'de görüldüğü gibi frekans rölesi 400 ms'de arızayı algılamaktadır. Öncesinde rölenin arızayı algılayamadığı gözlemlenmektedir.

Çizelge 4.4- Generatör gücünün yükten fazla ve az olmasına göre röle algılama değerleri

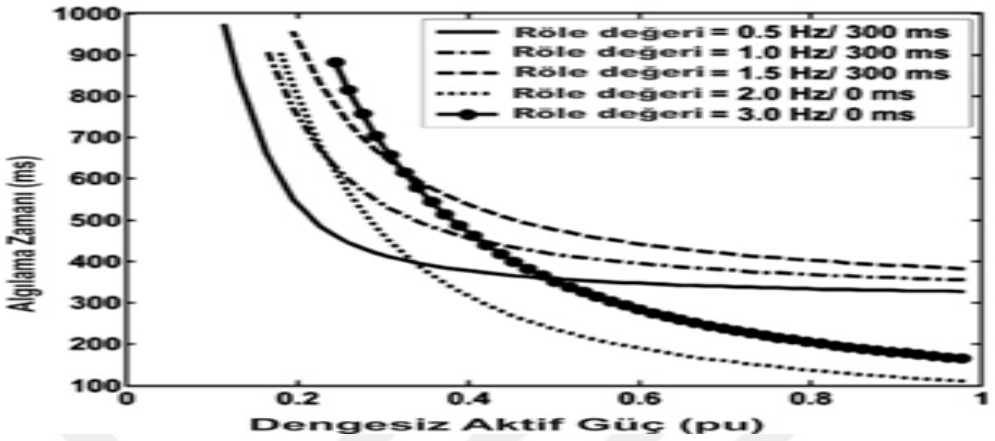
Generatör Gücü	Frekans Aralığı (Hz)	Yenileme Süresi (s)
≤30 Kw	>60.5 <59.53	0.16 0.16
>30 Kw	>60.5 59.8 -57.0 (Ayarlanabilir Ayar Noktası) <57.0	0.16 Ayarlanabilir 0.16 ile 300 <0.16

Çizelge 4.4'de generatör gücünün 30 KW'tan yüksek ve düşük olduğu durumlara göre röle ayarı gösterilmiştir.

Çizelge 4.5- Frekans değerlerine göre röle cevap süreleri

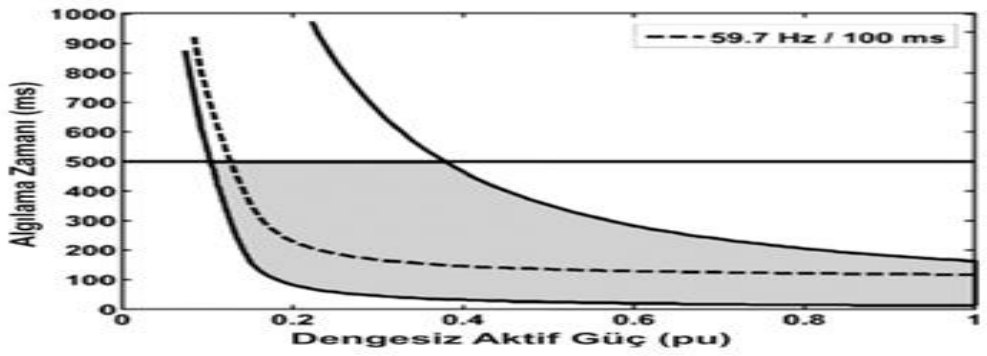
Kritik Güç Dengesizliği (%)			
Girişler Frekans/Zaman Gecikmesi	Algılama Zaman Verileri		
	300 ms	500 ms	700 ms
0.5 Hz / 300 ms	ND	21.85	16.63
1.0 Hz / 300 ms	ND	33.75	21.69
1.5 Hz / 300 ms	ND	45.60	27.66
2.0 Hz / 0 ms	41.65	28.57	22.36
3.0 Hz / 0 ms	57.36	38.15	29.39

Çizelge 4.5'te frekans değerlerinin 500 ms ve 700 ms'de algılama yaparken 300 ms'de algılayamadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.21-ROCOF Rölesi ile Vektör Kayması Rölesinin karşılaştırılması (Feritas ve arkadaşları,2005)

Şekil 4.21'de görüldüğü üzere (Feritas ve arkadaşları,2005) ROCOF rölesi ile vektör kayması rölesinin algılama zamanları karşılaştırılmıştır. ROCOF rölesinin performansının daha iyi olduğu gözlemlenmektedir.



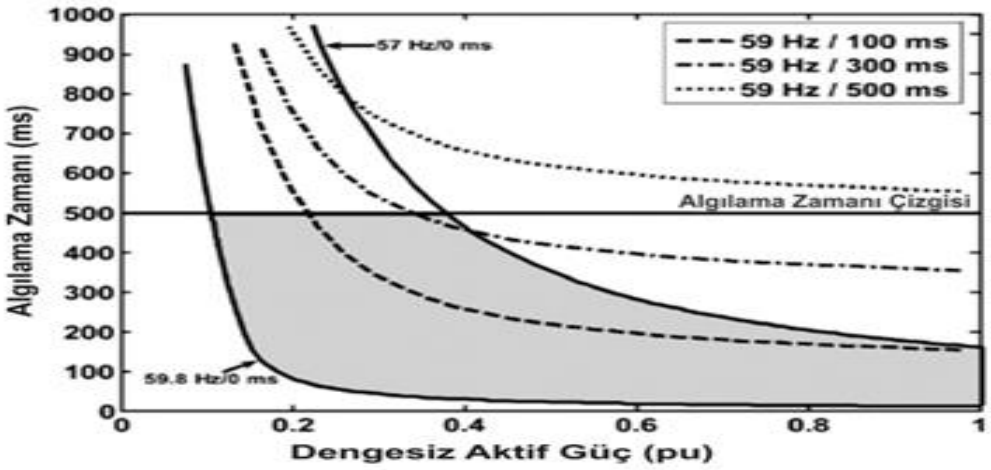
Şekil 4.22-Frekans rölesinin Vektrör kayması rölesi ile algılama aralığı karşılaştırması (Salman, 2005)

Şekil 4.22'de (Salman,2005) çalışmasında vektör kayması rölesi ile frekans rölesinin algılama zamanı karşılaştırılmıştır (dengesiz aktif güç durumunda).



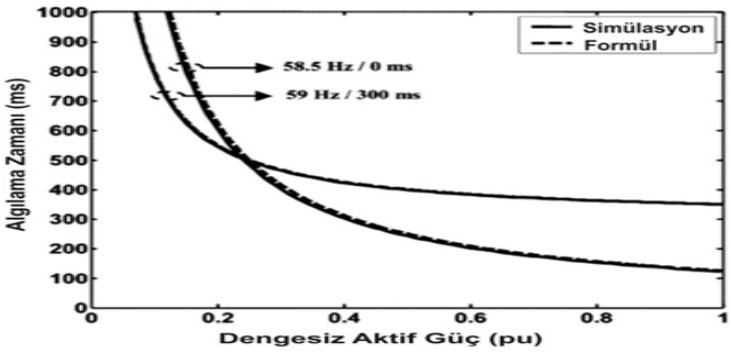
Şekil 4.23- Frekans rölesinin tölere edilebilir zaman aralığı (Salman, 2005)

Şekil 4.23'de ise frekans rölesinin algılama zamanı gösterilmektedir.



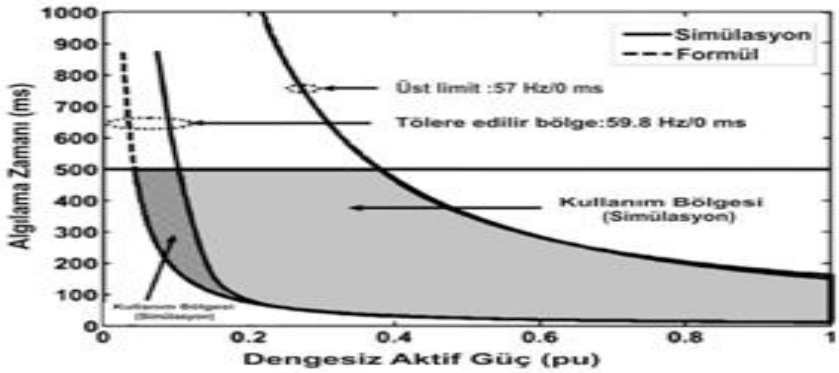
Şekil 4.24- Frekans rölesi, vektör kayması rölesi ve teorik formül algılama zamanları (Salman, 2005)

Şekil 4.24'de teorik formül sonucu röle algılama zamanları ile karşılaştırılmaktadır.



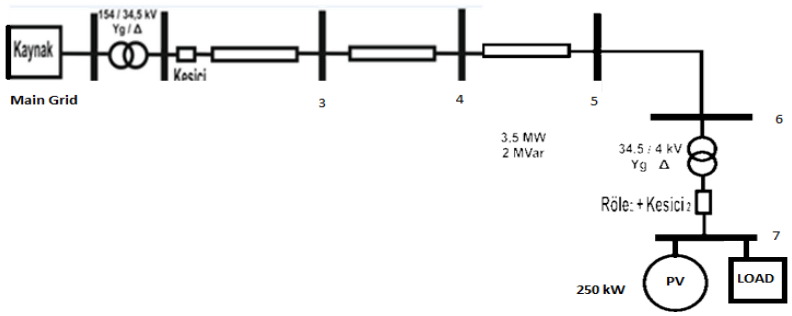
Şekil 4.25-Frekans rölesi ile formül algılama zaman karşılaştırılması

Şekil 4.25'de teorik formül frekans rölesinin algılama zamanı ile karşılaştırılmaktadır.



Şekil 4.26- Frekans rölesi ile formül tolere edilebilir zaman aralığı karşılaştırılması (Salman, 2005)

Şekil 4.26'da teorik formül desteği ile frekans rölesinin algılama zamanı gösterilmiştir. Bu algılama zamanı sadece senkron generatörlerde kullanılabilir.



Şekil 4.27- Dicle Üniversitesi Güneş Enerji Santralinin şebeke ile paralel çalışmasının tek hat şeması

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Matlab Simülink programı ile oluşturulan farklı sistemlerden elde edilen sonuçlar tasarlanan frekans değişim oranını ölçen röle ile test edilmiştir. Simülasyon çalışmaları neticesinde Güneli ve arkadaşları, tarafından açıklanan ROCOF rölesinin üç faza yerleştirilmesi ve bunun sonucunda bir faz toprak ve iki faz toprak arızalarında sorunun çözüldüğü, ROCOF rölesinin üç faz dengeli arızada yük değişimi ile arıza sinyallerini karıştırması sorununun, arızalı durumla dengeli durum arasındaki faz farkının PLL ile çözüldüğü açıklanmıştır (Guneli ve ark., 1998). Bu durum matlab simülasyon programında kurgulanan sistemle incelenmiştir. Vektör kayması rölesi incelenmiş ve sorunun, arızanın gerilim üzerine yaptığı etki ile çözümlendiği gözlemlenmiştir. Ancak yük ve üretim eşit olursa bu rölelerin hiç birinin algılama yapamadığı sonucuna varılmıştır.

Salman ve arkadaşları 2005, tarafından açıklanan formül ile ROCOF rölesinin tek başına kullanılarak koruma sistem maliyetini düşürme fikri incelenmiş ancak, çok farklı güçte ve farklı kaynaklardan elektrik enerjisi üreten dağıtık üretim santrallerinin farklı gerilim değerlerinde sisteme entegre edilmesi nedeniyle formülün genelleştirilemeyeceği gözlemlenmiştir. Bu formül sadece senkron generatör üretim kaynağı olarak kullanıldığı zaman kullanılabilir. Her ülkenin sisteminin de bir diğerinden farklı olması, durumu daha da karmaşık bir yapıya sokmaktadır. Derin öğrenme ile uzun araştırmalar sonucunda yeniden oluşturulacak formülle genel bir çözüm üretilebileceği gözlemlense de bu çalışma henüz geliştirilme aşamasındadır.

Bu sorunun ve diğer sorunların tam çözümünün akıllı şebeke sistemlerinin kurulmasıyla sonuçlanacağı anlaşılsa da bu altyapının kurulma maliyetinin uzun zaman alacağı düşünülmektedir.

Türkiye'de hızla artan dağıtık üretim santrallerinin enerji kalitesine ve maliyetine olumsuz etki sunmaması için kendi sistemine göre kurallar ve koruma sistemleri dizayn edilmelidir. Bu nedenle özellikle röle mühendislerine ve bu konuda çalışan araştırmacılara çok iş düşmektedir. Bu çalışmaların belli bir koordinasyon gurubu önderliğinde hızlıca oluşturulması olası negatif problemleri çözmek için elzemdir.

Bu amaç doğrultusunda, Dicle Üniversitesi güneş enerji santralinin matlab simülasyonu örnek bir çalışma olarak gerçekleştirilmiş ve gerçek zamanlı datalar kullanılarak araştırma ve geliştirme çalışmalarına başlanmıştır.

Ülkemizde TT tipi topraklama kullanılması ve üç fazlı yük dağıtımındaki dengesizliklerin rölenin çalışma performansını etkileyip etkilemeyeceği ileriki çalışmalarda incelenecektir. Dicle Üniversitesi güneş santralinin, ürettiği enerjinin bir yükü beslemesi durumunda oluşabilecek sorunlar simülasyon ortamında kurgulanacak, bu durum gerçekleştiği zaman, gerçek zamanlı veriler kullanılarak olası problemlere çözüm üretilecektir.

Akıllı şebekeler konusunda simülasyon ortamında yapılacak çalışmalarla, bu sistemin hayata geçirilmesinin hızlandırılması, üniversitedeki araştırmacılar ve röle mühendislerinin motive olması gereken önemli bir alandır.

KAYNAKLAR

Adkins B and R G Harly, “The general Theory of Alternating Current Machines.” London, 1975.

Adkins M A, “Transient Theory of Synchronous Generator Connected to Power System.” IEE Vol 1, pp 510-527, 1952.

Allen Power Engineering Limited, “ROCOF Relay MkII Test Certificate” 1996

Anderson P M, “Power System control and Stability-Power System Dynamic Short Course”, lowa State University, 1973.

ANSI / IEEE Standart 1001-1988, “IEEE Guide for interfacing Dispersed Storage and Generation Facilities With Electric Utility Systems.” New York, 1989.

ANSI/IEEE Standard 1001.1988, "IEEE Guide for Interfacing Dispersed Storage and Generation Facilities with Electric Utility Systems." IEEE. NY, 1999.

Mozina. C.J. Interconnection protection of IPP generators at commercial/industrial facilities. IEEE Transactions on Industry Applications, 37(3):681–688, 2001.

Cakir H, “Power System Analysis” YILDIZ Technique University, İnstanbul, 1988

Charles Concordia. J Wiley; Synchronous Machines. Sons Inc, London 1951.

Cheetai L, “The Detection Loss of Earth Connection in An Embedded Generation”. University of Bath, Final year project, 1996

Clark H K & Feltes J W, “Industrial and Co-generaiton Protection Problems Requiring simulation.” IEEE Trans. on industry Applications, Vol.21,No. 1, pp 69-80, Jan./Feb 1985

Clark H K and Powel L J, “Industrial and Co-generaiton Protection Problems Requiring simulation.” IEEE Trans. on IA-25, No 4, pp 766775,July/Aug 1987.

Cooper C B, ‘Standby Generation-Problems and Prospective Gains from parallel Running. Power System Protection ‘ 89, Singapore 1989.

Daley J M, “Design Consideration for On-site Generators in Parallel With the Utility.” IEEE Trans on IA-24, pp 75-85, Jan/Feb 1988.

Davies T, “Protection of Industrial Power System.” British steel Corporation,Cleveland, UK 1984.

Dineley J L, ‘Power System Stability Part 1-Fundamental Theory’, IEE Power Engineering Jornl,January 1991, pp 29-35.

Dohetry R E & Nickle C A, ‘Synchronous Machines-3-Torque-Angle Characteristics Under Transient Conditions’, AIEE Transactions, Vol.46, Jan 1927, pp 1-8.

Doughty R. L, Gise L, Kalkstein E W & Willoughby R D, “Electrical studies for an Industrial Gas Trubine Cogeneration facility.” IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 25, No. 4, pp 750-765, July/Aug.1989.

Dugan R C, & Rizy D T, “Electric Distribution Projection problems Associated with the Interconnection of Small Dispersed Generation Devices.” IEEE Trans. on Power Apparatus and System, Vol.103. No.6, pp 1121-1127, June 1984.

Electricity Association, “Engineering Technical Report” No.113 revision 1995

Electricity Council, “Notes of Guidance fort the Protection of Private Generating Sets for Operation in Parallel with Electricity Board Distribution Networks.” Engineering Recommendation G59, London, June 1985.

Electricity Supply regulations 1937, Her Majesty’s Stationary Office, London.

Fardanesh, B & Richards E F, “Distribution System protection with Decentralised generation introduced into the System.” IEEE Trans.on Industry Applications, Vol.20,No. 1, pp 122-130, Jan/Feb.1984.

Fielding G & Bradley J, “Local Generation: The Devolution of Power” IEE Review, Vol.4, No.2, pp 117-120, March 1990.

Freitas W. Xu W. Affonso C.M. and Huang Z., 2005. Comparative Analysis Between ROCOF and Vector Surge Relays for Distributed Generation Applications IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 20, NO. 2, APRIL 2005

Hodgkingson. G. System implications of embedded generation and its protection and control. Technical report, IEE, 1998.

Koeppel. G. Distributed generation. Literature and current state review, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, EEH - Power Systems Laboratory, 2003.

G59/1 Recommendations for the Connection of Embedded GeneratingPlant to the Regional Electricity Companies Distribution Systems, 1991.

GEC ALSTHOM T & D PROTECTİON & CONTROL LTD., "Type LGPG Digital Integrated generator Protection Relay." Pub.R4106A.

Guneli, S. Lawson, and P. Redfern, MA "A Review of Loss of Grid Protection and A Novel Solution to the Problem." UPEC, Edinburg, UK 1998.

.Girgis A A & Ham F M, "A New FFT Based Digital Frequency Relay For Load shedding.", IEEE Trans on PAS-101, No 2, pp 433-439 Feb 1982.

Govindan V K, Vaiyan M & Velayudham C, "A Novel Method for Digital Monitoring of Frequency Deviation in Power Systems." Int.Journal of Electronics, Vol.56 No.1, 1984,p.127.

Harlow J,H "A Multifunction Protective relay for the Cogeneration Industry" IEEE Computer Applications in Power, No.4, pp 25-30,Oct.1990

Health and Safety at Work Act 1974, Her Majesty's Stationary Office, London.

Heydeman J & Lulf E N, "Microprocessor Based Underfrequency Relaying".IEE.Conf.Publication No.249,Apr.1985, pp 24-27

Hogwood E E, "The Electric Aspects of Co-generation System Design".IEEE Trans IA-23, No 4, pp. 712-722, July/Aug 1987.

Hwang H H, "Unbalanced Operations of Three-Phase Machines with Damper Circuits. "IEEE Trans,PAS-88, No 11, pp 1585-1593, Nov 1969.

IEEE Special report, "Inter-tie Protection of Consumer Owned Source of Generation, 3 Mwa or less."IEEE 88THO224-6-PWR 1989.

IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources With Electric Power Systems, IEEE Std. 1547™, Jul. 21, 2003.

IEEE Summary Report, "Intertia Protection of Consumer-Owned sources of Generation, 3 MVA or Less." IEEE Trans. on Power delivery, Vol.5,No.2, pp 924-929,April 1990.

Manwell, J. F. McGowan, J. G. and Rogers. A. L. Wind energy explained theory, design and application. John Wiley, 2002. ISBN 0-471- 49972-2.

Lopes J.A.P.. Integration of dispersed generation on distribution networks—impact studies. In IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, volume 1, pages 323–328, 2002.

Jones R A,Sims T R & Imece A F "Investigation of potential Islanding of a Self-Commutated Static Power Converter in Photovoltaic Systems." IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol.5, No.4, pp624-631,Dec 1990.

Kimbark E Wi Wiley John; 1964.Power System Stability Volume2: Power Circuit breakers and Protective Relays.Sons,New York,1964.

Kundu D, "Thecnical Requirements to Connect Parallel Generators to the Ontario Hydro Distribution electricity system". IEEE Trans. on energy Conversion, Vol.6,No.3,Sep.1991,pp. 361-366.

KUNDUR P., Power System Stability and Control, Newyork. 1993.

KÜÇÜK S., Enerji DağıtımıÇözümlü Problemler, Papatya Yayınevi, Ocak 2018.

Fickert. L. Technische Besonderheiten und Schutzproblematik bei der Einbindung dezentraler Stromerzeugungsanlagen – vom Netz zum Erzeuger und umgekehrt. OVE Verbandszeitschrift Elektrotechnik und Informationstechnik, 10.2003:348–353, 2003 (in German).

Guillot M. et al. Protection of embedded generation connected to a distribution network and loss of mains detection. In 16th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, 2001..

Kashem M.A. and Ledwich. G. Impact of distributed generation on protection of single wire earth return lines. Electric Power Systems Research, 62:67–80, 2002.

Redfern, M.A. Brown D., and Bartlett. M.G. Detecting loss of earth for embedded generation. In IEE Seventh International Conference on Developments in Power System Protection, pages 90–93, 2001.

Redfern M.A., Barrett J.I., and Usta O. A new loss of grid protection based on power measurements. In Sixth International Conference on Developments in Power System Protection (Conf. Publ. No. 434), pages 91–94, 1997.

Malik O P, "Frequency Measurement for Use with a Microprocessor Based Water Turbine Governor.", IEEE Trans. on energy Conversion, Vol.6,No.3,Sep.1991,pp.361-366.Martin D Jhon 'Signals and Processes a foundation course' School of Electrical Engineering,University of Bath,1991

Geidl M. Power Systems Laboratory Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich, 2005.

Mcfadden, R H, "Grounding of Generators Connected to Industrial Plant Distrbution Buses." IEEE Trans. on Industry Applications, Vol.17,No.6,pp 553-556, Nov./dec.81

Moore P J, Carranza R D & Johns A T, "A New Numeric Technique for High Speed evalution of Power system Frequency." IEE proc. On Generation, Transmission & Distribution, 141,5,1994,529-536

Mukhatar A, "Measurement of Power system Frequency Deviation Using a Microprocessor." Int. Journal of Electronics, Vol.68 , No.1, 1990, p.161.

Friedman.N.R. Distributed energy resources interconnection systems: Technology review and reserach needs. Technical Report NREL/SR560-32459, National Renewable Energy Laboratory, 2002. Z. Ye et al. Testing of GE universal interconnection device. Technical Report NREL/TP-560-34676, National Renewable Energy Laboratory, 2003.

Nguyen C T, "A New Technique for Rapid Tracking of Frequency Deviations Based on Level Crossings", IEEE Trans. on Power Apparatus and System,Vol.PAS-103,No.8,Aug. 1984,PD.2230-2237.

Nichols N, “The Electrical Considerations in Cogeneration.” IEEE Trans. on Industry Applications, Vol.21,No.4, pp 754-761,May /june 1985.

Usta, O. Redfern, M.A. and J.I. Barrett. Protection of dispersed storage and generation units against islanding. In Proceedings of the 7th Mediterranean Electrotechnical Conference, pages 976–979 vol.3, 1994.

O’Kane P: PHD thesis the Queen’s University of Belfast September 1998 Park R H, “Definition of An Ideal Synchronous Machine.” General Electric Review, pp 332,1928.

O’Kane P. and Fox B.. Loss of mains detection for embedded generation by system impedance monitoring. In Developments in Power System Protection, Sixth International Conference on (Conf. Publ. No. 434), pages 95–98, 1997.

Barker P.P. and De Mello. R.W. Determining the impact of distributed generation on power systems. I. Radial distribution systems. In IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, volume 3, pages 1645– 1656 vol. 3, 2000.

Park R H , “Two Reaction Theory of Synchronous machine.” Trans AIE, No 2,p 716 1929.

Patton J B & Curtice, D, “Analysis of Utility Protection problems Associated with Small Wind-Turbine Interconnection.” IEEE Trans. On Power Apparatus and Systems, Vol. 101, No. 10, pp 3975-3966, Oct.1982.

Pope J W, “Paralel Operation of Customer Generator.” IEEE Trans on IA-19, pp 32-36, Jan/Feb 1983.

Powell L J, “An industrial View of Utility Cogeneration protection Requirements”. IEEE Trans on IA-24. Pp 75-85, Jan/Feb 1988.

Dugan R.C. and T.E. McDermott. Distributed generation. IEEE Industry Applications Magazine, 8(2):19–25, 2002.

Rizy D T, Jewell W T & Stovall J P, “Operational and Design Considerations for Electric Distribution Systems with Dispersed Storage and Generation(DSG).” IEEE Trans. On Power Apparatus and System, Vol.104,No. 10, pp 2864-2871, Oct. 1985.

Rogers W J S, (Consultant), “The Impant of Embedded Generation on Voltage requlation and Losses of Distribution Network”, IEE Colloquium, 15 October 1996.

Rook M J, Goff L E, Potocheny, G J & Powell L J “Application of Protective relays on a large Industrial-Utility Tie with Industrial Cogeneration.” IEEE Trans. on Power Apparatus and System, Vol. 100, No. 6, pp 2804,2812, June 1981.

Conti S., Raiti, S. and Tina. G. Small-scale embedded generation effect on voltage profile: an analytical method. In IEE Proceedings on Generation, Transmission and Distribution, volume 150, pages 78–86, 2003.

Salman S.K., King,D.J. and Weller G.. New loss of mains detection algorithm for embedded generation using rate of change of voltage and changes in power factors. In IEE Seventh International Conference on Developments in Power System Protection, pages 82–85, 2001.

Salman K S, “The Impact of Embedded generation on distribution networks”. Tuesday, The Robert Gordon University of Aberdeen, IEE Colloquium, 15 October 1996.

Schaltanlagen Electronic Gerate GMBH & Co, ‘Generator/Mains Monitor-GW2.’ SEG GMBBH Publication GW2/E/810.

Simpson R H, “Protective relaying for multi-Source Generator Buses.” IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 26, No. 2, pp 330-341, March/April 1990.

ŞERİFOĞLU N., Enerji Sistemlerinde Geçit Süreçleri, Nobel Yayınevi,İstanbul Haziran 2014.

T. Ackermann and V. Knyazkin. Interaction between distributed generation and the distribution network: operation aspects. In IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition Asia Pacific, volume 2, pages 1357–1362, 2002.

T. Burton et al. Handbook of wind energy. John Wiley, 2001. ISBN 0-471-48997-2.

T. Tran-Quoc, C. Andrieu, and N. Hadjsaid. Technical impacts of small distributed generation units on LV networks. In IEEE PowerTech 2003, Bologna, Italy, 2003. 29

The Energy Act 1983, Her Majesty’s Stationary Ofiice, London.

Thomas C “Embedded generation-the requlatory angle.” IEE Colloquium, Savoy Place, London WC2R OBL,1996.

Thomas P G and J Welsh: A REC’s experience of embedded generation within its network, IEE Colloquium on the impact of embadded generation on distribution networks, October 1996, pp 5/1-5/13

USLU O., Türki’ye Elektrik İletim Şebekesinin Trakya Bölümünün Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmasının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.10, 2008.

UZUN S., Dağıtık Üretim Tesislerinin Şebeke Entegrasyon Etkileri ve Şebeke Uyumluluğunun Güç Sistem Analizleriyle Uygulamalı Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.17, 2015.

Wagner, C L, Feero W E, Gish W B & Jones R H, “Relay performance in DSG Island.” IEEE Trans. on Power delivery, Vol. 4, No. 1, pp 122-131, Jan 1989.

Waine S A, Tindall C E & Clay W, “Frequency Tracking for Power Control.” IEE Proc. On Generation, Transmission and distribution, Vol. 133, Part C, No.2, Mar.1986,pp. 95-98

Warin J W, ‘Loss of Mains Protection.’ ERA Conferance: Circuit protection for Industrial and Commercial Installation, London 1990.

Warin J. W. Ailen W.H.,1981, LOSS OF MAINS PROTECTION,California Edison Company,1981.

Woodbury F A, “Grounding Considerations in Cogeneration.” IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 21, No. 6, pp 1523-1532,Nov./Dec. 1985.

Woodworth M “Co-generator(CHP) view point” (Engineering Manager, Combined Power Systems), 15/10/96

Yalla M V, “A Digital Multifunction Protective relay.” IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 7, No. 1,pp 193-200, Jan 1992.

Yip H t, “An Integrated Approach to Generator Protection.” Canadian Electrical Association Power System Protection Sub-section, Toronto, Mar.1994.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı: Sadi Serdar GÜNELİ

Doğum Yeri: Ergani/DİYARBAKIR

Doğum Tarihi: 01.01.1965

Medeni Hali: Evli

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Ziya Gökalp Lisesi / Diyarbakır, 1981

Lisans: Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü/İSTANBUL,1993

Yüksek Lisans: Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Öğretim Görevlisi-Devam Ediyor.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ İNTİHAL FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	Sadi Serdar GÜNELİ
ÖĞRENCİ NO	11805023
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2018-2019
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	Elektrik Elektronik Mühendisliği
PROGRAM	Yüksek Lisans
TEZ KONUSU	Yerel santrallerde Ada Oluşumunu Engelleyen Frekans Değişim Rölesine Yeni Bir Yaklaşım
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	101
BENZERLİK ORANI	%18
RAPORLAMA TARİHİ	29/07/ 2019

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 101 sayfalık kısmına ilişkin, 29/07/2019 tarihinde şahsım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 18 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

☐ Kabul/Onay sayfaları hariç,
☐ Kaynakça hariç
☐ Alıntılar hariç/dâhil
☐ Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Sadi Serdar GÜNELİ
30.07.2019

Dr.Öğr. Üyesi M. Ali ARSERİM **Tez Danışmanı** 30.07.2019	Dr.Öğr. Üyesi M. Ali ARSERİM **Anabilim Dalı Başkanı V.** 30.07.2019

Formdaki bilgiler bilgisayar ortamında doldurulmalıdır. El yazısı ile doldurulan formlar geçersiz sayılmaktadır.