

T.C.  
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİKRO ŞEBEKEDEN GEÇİCİ DURUMLARIN İNCELENMESİ

Metin AKDENİZ

AĞUSTOS 2017

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİKRO ŞEBEKEDA GEÇİCİ DURUMLARIN İNCELENMESİ

Hazırlayan  
Metin AKDENİZ

Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Serhat Berat EFE

Jüri Üyeleri  
Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ  
Yrd. Doç. Dr. Serhat Berat EFE  
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Nuri ALMALI

AĞUSTOS 2017

Metin AKDENİZ tarafından hazırlanan “**Mikro Şebekede Geçici Durumların İncelenmesi**” adlı tez çalışması 02/08/2017 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

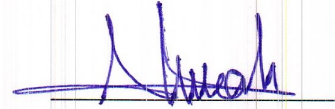
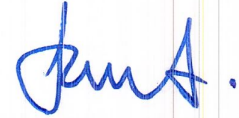
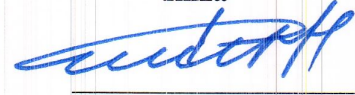
### Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ  
(Üye)

Yrd. Doç. Dr. Serhat Berat EFE  
(Danışman)

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Nuri ALMALI  
(Üye)

İmza



Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 02.08.2017. gün ve 28/13... sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Doç. Dr. Koray KÖKSAL  
Enstitüsü Müdürü

## ÖZET

### MİKRO ŞEBEKEDA GEÇİCİ DURUMLARIN İNCELENMESİ

Metin AKDENİZ

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Serhat Berat EFE

Ağustos 2017, 51 sayfa

Yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmalar, özellikle son yıllarda artan bir ivme göstermektedir. Mevcut enerji kaynaklarının hızla tükenme eğilimi içine girmesi, hammadde fiyatlarının artması, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri, kullanımlarındaki bir takım zorluklar, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmaları arttırmıştır.

Bu tez çalışmasında şebeke bağlantılı bir mikro şebekenin MATLAB/Simulink benzetimi yapılarak, mikro şebekenin geçici durumları analiz edilmiştir. Mikro şebeke yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi sistemi ve fotovoltaik sistemden oluşturulmuştur.

Benzetim sistemi gerçek bir sistemde olası ortaya çıkabilecek arıza durumları için incelenmiş, elde edilen sonuçlar sistem grafikleri üzerinden yorumlanarak planlama ve sistem mühendisleri için öneriler sunulmuştur. Sunulan önerilerden en önemlisi, tasarım aşamasında koruma elemanlarının seçilmesi ile ilgili olmaktadır. Şebekenin devre dışı kalması durumunda sistemin kararsız halden kurtulması için yük atma algoritması geliştirilmesi gerekmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Mikro Şebekeler, Rüzgâr Enerjisi Sistemi, Fotovoltaik Sistem, Güç Sistem Planlama, Güç Sistem Analizi.

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF TRANSIENTS IN MICROGRID**

Metin AKDENİZ

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electric and Electronic Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Serhat Berat EFE

August 2017, 51 pages

Studies on renewable energy sources are increasing acceleration in recent years. Because of recent energy sources getting in depletion trend, increment in raw material prices, reverse effects on human and environmental health, some difficulties in their use, increases the studies on new and renewable energy sources.

In this thesis, a grid connected micro grid is simulated and transient analysis is performed under MATLAB/Simulink platform. Designed micro grid is consist of wind energy system and photovoltaic system, which are renewable energy sources.

Simulation system is investigated for fault conditions that may possible to occur on an actual system, suggestions are offered for planning and system engineers by discussing obtained results interpreted through system graphics. Selection of protection devices is one of the most important proposed result among all. Developing a load-shedding algorithm is necessary for stability of system in case of main grid is getting out of order.

**Keywords:** Micro Grids, Wind Energy Systems, Photovoltaic Systems, Power System Analysis, Power System Planning

## TEŞEKKÜR

Tez alıŐması sırasında her tŸrlŸ bilgi, teşvik ve deneyimleri ile yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Serhat Berat EFE ile Elektrik Elektronik MŸhendisliĐi Ana Bilim Dalı BaŐkanı Prof. Dr. Sabir RŸSTEMLİ'ye ve yŸksek lisans eğitimim sŸresince her tŸrlŸ maddi ve manevi destekleri ile gŸstermiŐ oldukları sabırdan dolayı aileme teŐekkŸr ederim. Ayrıca bu tez çalıŐmasına 2210-C (Ŗncelikli Alanlara YŸnelik Yurtiçi YŸksek Lisans Programı) kapsamında destek veren TUBİTAK' a teŐekkŸr ederim.

## ÖNSÖZ

Yakın gelecekte fosil yakıt kaynak rezervlerinin azalması olasılığı, teknolojik gelişmeler ile nüfus artışına bağlı olarak enerji ihtiyacının artması ve bununla birlikte enerji fiyatlarındaki olası artış, yeni enerji kaynaklarına yönelimi gerekli hale getirmiştir. Bu durumlardan dolayı kullanılacak enerji kaynaklarının rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji, sürdürülebilir, alternatif ve çevre dostu olması beklenmektedir. Bu bağlamda yenilenebilir enerji üretim sistemlerinin geliştirilmesi ivmelenerek artmaktadır. Ancak bu tarz enerji üretim sistemlerinin avantajlarının yanı sıra bazı durumlarda enerji sürekliliği açısından dezavantajları da vardır. Rüzgâr ve güneş tabanlı enerji üretim sistemlerinde üretilen enerjinin depolanmasındaki güçlükler ve bu sistemlerden elde edilebilecek gücün doğa koşullarına bağımlı olması bu sistemlerin en büyük dezavantajlarından. Rüzgâr veya güneş tabanlı enerji üretim sistemleri, bir şebeke ile entegre olarak kullanıldığında talep ile üretilen enerji miktarları arasındaki fark dağıtım şebekesi ile giderilebilir. Bu durumlar göz önüne alındığında, şebeke ile rüzgâr enerji sistemi ve fotovoltaik sistem birlikte kullanılarak bir mikro şebeke tasarlanması uygun olacak ve bu sistem ile enerji sürekliliği sağlanacaktır.

Bu tez çalışmasında rüzgâr enerji sistemi ve fotovoltaik sistemin şebekeye bağlanması ile oluşan bir mikro şebekenin MATLAB/Simulink programında benzetimi yapılmıştır. Daha sonra kaynakların devreden çıkma durumları ve şebekede oluşacak kısa devre durumları sırasındaki geçici durumlar çeşitli noktalardan ölçümler alınarak incelenmiş, bu sayede bir mikro şebekenin projelendirilmesi esnasında dikkat edilmesi gereken hususlara öneriler getirilmiştir.

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	iii
<b>ÖNSÖZ</b> .....	iv
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....	v
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	vi
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	vii
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	ix
<b>1.GİRİŞ</b> .....	1
<b>2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	3
<b>3.MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	6
3.1.Yenilenebilir Enerji Kaynakları .....	6
3.2. Fotovoltaik Sistemler .....	7
3.2.1.Kristal Silisyum .....	7
3.2.2.Galyum Arsenit(Gaas) .....	8
3.2.3.Amorf Silisyum.....	8
3.2.4.Kadmiyum Tellürid(CdTe) .....	8
3.2.5.Bakır İndiyum Diselenid(CuInSe <sub>2</sub> ) .....	8
3.3. Rüzgâr Enerjisi Sistemleri.....	11
<b>4. BULGULAR</b> .....	15
4.1. Fotovoltaik Sistem Benzetimi .....	15
4.2. Rüzgâr Enerji Sistemi .....	17
<b>5.SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	19
5.1.Kaynakların Devre Dışı Kalması Durumu .....	19
5.1.1. FV Sisteminin Devre Dışı Kalması Durumu .....	20
5.1.2.Rüzgâr Enerjisi Sisteminin Devre Dışı Kalması Durumu .....	24
5.1.3. Şebekenin Devre Dışı Kalması Durumu.....	30
5.2. 3 Faz Kısa Devre Arızası .....	35
5.3.Faz Toprak Kısa Devre Arızası .....	40
5.4. Sonuç .....	47
5.5. Öneriler.....	48
<b>KAYNAKLAR</b> .....	49
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	51



## ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

3.1. Ulaşılan en yüksek hücre verimleri.....9



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Fotovoltaik hücre ve fotovoltaik panel.....	7
3.2. Fotovoltaik enerji üretim sistemi uygulama şeması .....	9
3.3. Güneş pili eşdeğer DA akım modeli .....	10
3.4. Rüzgâr türbininin iç yapısı .....	12
3.5. RES blok şeması.....	13
4.1. FV modülün iç yapısı .....	15
4.2. FV modülparametreleri.....	16
4.3. FV bloğu.....	16
4.4. FV Enerji Üretim Sistemi .....	17
4.5. Rüzgâr türbini modeli.....	17
4.6. Rüzgâr türbini bloğu.....	18
4.7. Sabit mıknatıslı senkron generatör .....	18
4.8. MATLAB/Simulink rüzgâr enerjisi santrali.....	18
5.1. MATLAB/Simulink mikro şebeke benzetimi .....	19
5.2. FV'in devre dışı kalması durumundaki hat akımı .....	21
5.3. FV'in devre dışı kalması durumundaki hat gerilimi.....	21
5.4. FV'in devre dışı kalması durumundaki FV akımı .....	22
5.5. FV'in devre dışı kalması durumundaki FV gerilimi .....	22
5.6. FV'in devre dışı kalması durumundaki RES akımı.....	22
5.7. FV'in devre dışı kalması durumundaki RES gerilimi .....	22
5.8. FV'in devre dışı kalması durumundaki şebeke akımı .....	23
5.9. FV'in devre dışı kalması durumundaki şebeke gerilimi.....	23
5.10. FV'in devre dışı kalması durumundaki yük akımı .....	24
5.11. FV'in devre dışı kalması durumundaki yük gerilimi .....	24
5.12. RES'in devre dışı kalması durumundaki hat akımı .....	25
5.13. RES'in devre dışı kalması durumundaki hat gerilimi .....	25
5.14. RES'in devre dışı kalması durumundaki FV akımı.....	26
5.15. RES'in devre dışı kalması durumundaki FV gerilimi .....	26
5.16. RES'in devre dışı kalması durumundaki RES akımı.....	27
5.17. RES'in devre dışı kalması durumundaki RES gerilimi .....	27
5.18. RES'in devre dışı kalması durumundaki şebeke akımı .....	29
5.19. RES'in devre dışı kalması durumundaki şebeke gerilimi .....	28

5.20. RES'in devre dışı kalması durumundaki yük akımı.....	30
5.21. RES'in devre dışı kalması durumundaki yük gerilimi .....	30
5.22. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki hat akımı .....	31
5.23. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki hatgerilimi.....	31
5.24. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki FVakımı .....	31
5.25. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki FV gerilimi .....	31
5.26. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki RES akımı.....	32
5.27. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki RES gerilimi .....	32
5.28. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki şebeke akımı .....	33
5.29. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki şebeke gerilimi.....	33
5.30. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki yük akımı .....	34
5.31. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki yükgerilimi .....	34
5.32. 3 Faz kısa devre arızası verilen mikro şebeke modeli .....	35
5.33. 3 Faz kısa devre arızası hat akımı.....	36
5.34. 3 Faz kısa devre arızası hat gerilimi .....	36
5.35. 3 Faz kısa devre arızası fotovoltaik akım .....	37
5.36. 3 Faz kısa devre arızası fotovoltaik gerilim.....	37
5.37. 3 Faz kısa devre arızası RESakımı .....	38
5.38. 3 Faz kısa devre arızası RES gerilimi.....	38
5.39. 3 Faz kısa devre arızası şebeke akımı.....	40
5.39. 3 Faz kısa devre arızası şebeke gerilimi .....	40
5.41. 3 Faz kısa devre arızası yük akımı.....	41
5.42. 3 Faz kısa devre arızası yük gerilimi .....	41
5.43. Faz toprak kısa devre arızası verilen mikro şebeke modeli.....	41
5.44. Faz-Toprak arızası hat akımı .....	42
5.45. Faz-Toprak arızası hat gerilimi.....	42
5.46. Faz-Toprak arızası FV akım .....	43
5.47. Faz-Toprak arızası FV gerilim .....	43
5.48. Faz-Toprak arızası RES akımı.....	44
5.49. Faz-Toprak arızası RES gerilimi .....	44
5.50. Faz-Toprak arızası şebeke akımı .....	45
5.51. Faz-Toprak arızası şebeke gerilimi.....	45
5.52. Faz-Toprak arızası yük akımı .....	46
5.53. Faz-Toprak arızası yük gerilimi .....	46

## KISALTMALAR DİZİNİ

IEA	Uluslar Arası Enerji Ajansı
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynakları
FV	Fotovoltaik
RES	Rüzgâr Enerji Santrali
vd	ve Diğerleri
AB	Avrupa Birliği
AA	Alternatif Akım
DA	Doğru Akım



## 1. GİRİŞ

Fosil yakıt kaynaklarının azalması, fosil yakıtların çevreye dair olumsuz etkileri, artan enerji üretim maliyetleri, fosil yakıt yataklarının bulunduğu bölgelerdeki siyasal karışıklıklar enerji sahnesinde önemli rol oynamaktadır[1]. Ülkeler  $CO_2$  emisyonu yüksek olan, dışa oldukça yüksek oranda bağımlı, maliyetleri siyasal çalkantılardan etkilenen petrol, doğalgaz gibi enerji kaynakları yerine, kaynak anlamında dışa bağımlı olmayan, çevreye daha duyarlı siyasal istikrarsızlıklardan etkilenmeyen güneş ve rüzgâr gibi enerji üretim kaynaklarına yönelmektedir [2]. Ayrıca özellikle son kullanıcıların yakınına kurulan sistemler, iletim ve dağıtım cihazları gereksinimini azaltmakta ve yerel elektrik hizmetinin güvenini arttırmaktadır. Çeşitli kontrol tekniklerinin kullanılması ile kurulu gücü düşük olan uygulamalar için verimli bir fotovoltaik sistem ve rüzgâr enerjisi sisteminden oluşan hibrit yapı oluşturmak mümkündür [3]. Bu tür sistemler elektriksel olarak paralel bağlanarak ve bir enerji şebekesi ile entegre edilerek güç artırımı yapılabilir. Ulusal şebekeye bağlı ve ulusal şebekeden bağımsız olarak çalıştırılabilirler. Bu bağlamda bu tez çalışmasında şebekeye bağlı rüzgâr ve fotovoltaik sistemden oluşan mikro şebeke tasarımı ve geçici durumların analizi yapılmıştır. Sistem MATLAB/Simulink platformu altında tasarlanmıştır. Tasarlanan mikro şebekede öncelikle kaynaklar sırasıyla devre dışı bırakılarak kaynak çıkışlarından alınan ölçümler vasıtasıyla şebeke davranışları ile akım ve gerilim değişimleri incelenmiştir. Kaynakların sırasıyla devre dışı kalması durumundaki yük paylaşımları, dolayısıyla devrede kalan kaynaklardan çekilen akımlardaki artışlar değerlendirilmiştir. Ayrıca mikro şebekenin çeşitli noktalarına 3 faz kısa devre ve faz toprak kısa devre arızası verilerek mikro şebeke davranışı incelenmiş, mikro şebekede koruma tedbirleri belirlenmiş ve tasarım aşaması için önerilerde bulunulmuştur. Bu öneriler getirilirken mikro şebeke davranışı ve öncelikli yükler dikkate alınmıştır. Arıza halinde mikro şebekenin arızalı noktasının mikro şebekeden izole edilerek sistemin arızadan en asgari seviyede etkilenmesini sağlayacak öneriler getirilmiştir. MATLAB/Simulink platformunda benzetimi yapılan mikro şebekenin gerçek hayatta uygulanabilirliği tartışılmıştır.

Günümüzde öncelikli yüklerin hayati önem kazandığı sanayi bölgeleri için mikro şebekenin getireceği çözümlerin sağlayacağı katkının önemi aşikârdır.

Sanayide üretim sürekliliğini sağlamanın hayati önem taşıdığı düşünüldüğünde enerji kalitesi ve enerji sürekliliği bu sektör için vazgeçilmez iki ana unsurdur.

Bitlis bölgesinde yaşanan elektrik kesintileri bölgede tarımsal sulama abonelerini oldukça fazla etkilemektedir. Ekilen ürünün zamanında sulanması tarımsal açıdan büyük önem arz etmektedir. Mikro şebeke vasıtası ile tarımsal sulama yapan çiftçilere hem ekinlerini zamanında

sulama hem güneş ve rüzgâr enerji sistemi ile üretecekleri enerjinin bir kısmının ilgili dağıtım şirketine satılabileceği bu tez çalışması ile elde edilen sonuçlar vasıtasıyla anlatılacak olup çiftçiler bu yönde teşvik edilecektir. Bunun sonucu olarak çiftçilerin de getirilen öneriyle mustarip oldukları elektrik kesintisi sorununa mikro şebeke çözümü getirilerek bu sorundan kurtulabilecekleri anlatılacaktır.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik enerjisi üretimi için sağlanan teşvikler ve dolayısıyla bu tarz üretim üzerine yapılan çalışmalar hızla artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak oluşturulan mikro şebekelerin geçmişi çok fazla olmamakla beraber bu tip şebekeler üzerine yapılan çalışma konuları son zamanlarda oldukça popülerdir.

Dou ve Liu vd. [4], dağıtık üretim kaynakları ile oluşturulan bir mikro şebekenin geçici durum kontrolü üzerine çalışmıştır. Ancak görülmektedir ki çalışma yapılan üretim kaynaklarının parametreleri mikro şebeke tanımına uymamaktadır. Zira yapılan tasarımda kaynakların güçleri MVA'lar mertebesinde tanımlanmıştır.

Bu tip bir yapı bağlaşımlı şebekeye benzer bir yapıdadır ve bu tarz şebekeler üzerine yapılan çalışmalar oldukça fazla sayıdadır. Ayrıca gerçek sistem üzerinde çalışılmaması, geçici durumlara kaynakların vereceği cevabın tespitinde çok doğru sonuçlara ulaşılabileceği konusunda şüpheye yol açmaktadır.

Yapılan çalışmaların çok büyük bir kısmının teorik platformda kalması, araştırmacıları klasik yöntemler üzerinde düzenlemeler yaparak yeni yöntemler oluşturma yoluna itmiştir. Bu tip çalışmalardan birinde Abdelaziz vd. [5], farklı kaynak ve yükler içeren izole bir mikro şebekenin diferansiyel eşitliklerini oluşturmuş ve Newton yöntemi ile çözmüşlerdir.

Güç akışı analizi, enerji fiyatlandırmasında kilit taşı rolündedir. Doğru analiz yapılmaması, enerji üretiminde büyük zararlarla karşılaşılmasına neden olacaktır. Modern yöntemlerin gelişmesi ile bu analizler optimum düzeylere ulaşmıştır. Roy ve Chakrabarti vd. [6], genetik algoritma temelli bir güç akışı çözümü geliştirerek enerji fiyatlandırması üzerine çalışmışlardır. Ancak test sistemi olarak bilgisayarda tasarlanan rastgele bir şebeke, sonuçların geçerliliği üzerinde şüphe uyandırmıştır.

Kamel vd. [7], izole durumda çalışan bir mikro şebekenin farklı yük koşulları altında kararlılık analizini yapmıştır. Oluşturulan mikro şebeke bir yakıt pili, bir mikro türbin, bir volan (flywheel), iki fotovoltaik panel ve bir rüzgâr üretici sisteminden oluşmuştur. Rüzgâr üretici hariç diğer tüm mikro üreteçler, mikro şebekeye evirici üzerinden bağlanmıştır. Sistem iki senaryo ile denenmiştir. Birinci senaryoda, sistem kaynaklarının yükleri beslemek için yeterli olmayacağı varsayılmıştır. Bu durumda sisteme ana şebekeden aktif ve reaktif güç girişi olmuş, belirli bir süre sonra sistem ana şebekeden ayrılmış ve bu durumda sistem kararlılığı incelenmiştir. İkinci senaryoda ise sistemin ana şebekeye güç aktardığı varsayılmış ve yine belirli bir süre sonra mikro sistemin şebekeden ayrılması durumunda sistemin kararlılığı

incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sistemde volan olması, frekans kararlılığında iyileşmeye neden olmuştur.

Liu vd. [8], yaptığı çalışma, birbirlerine bağlı olarak çalışan bir AA ve bir DA şebekesi içeren mikro şebeke yapısı üzerinedir. AA şebekesi; rüzgâr türbini, dizel üreteçler ve sıradan AA yüklerden, DA şebekesi ise fotovoltaik paneller, yakıt pili ve DA yüklerinden oluşmuştur. Sistemde AA ve DA olmak üzere iki bara mevcuttur ve bu baralar her iki şebeke tarafından da beslenmektedir. Tüm yapıların modellenmesinden sonra çeşitli yük ve üretim senaryoları için benzetim programı çalıştırılmıştır. Şebeke bağlantılı durum ve izole durum için çalıştırılan sistemin sonuçları, hibrit yapıların hem şebeke bağlantılı hem de izole olarak çalıştırılabileceğini göstermiştir.

Liu vd. [9], yapmış olduğu çalışmada, bağımsız mikro şebekeler için Newton – Raphson güç akışı çözümü temelli yeni bir güç akışı hesaplama modeli geliştirilmiştir. Bu model salınım barası olmayan şebekenin uyumlu çalıştırılmasını sağlamak amaçlı tasarlanmıştır. Salınım barasına sahip şebekeler için olan geleneksel güç akışı yöntemleri ile karşılaştırıldığında elde edilen sonuçların uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Amorim vd. [10], tarafından yapılan çalışmada, bir mikro türbinin alçak gerilim şebekesine bağlanması durumundaki analizleri yapılmıştır. Yapılan çalışma pratik uygulama içermektedir. Uygulama sonucunda alınan ölçümler, son kullanıcının gerilim kesintileri gibi çeşitli olumsuz etkilerden, normal şebekeden beslendiği duruma göre çok daha az etkilendiğini göstermiştir.

Kanellos vd. [11], bir mikro şebekenin sürekli hal ve geçici hal davranışlarını incelemiştir. Çalışılan mikro şebeke, rüzgâr türbini ve fotovoltaik sistemden oluşturulmuştur. Çalışmada, öncelikle rüzgâr türbini ve fotovoltaik sistemin modelleri verilmiştir. Daha sonra, mikro şebekedeki yükler tanımlanmış ve benzetim çalıştırılmıştır. Değişken rüzgâr hızı ve değişken güneş ışınımı değerleri gibi farklı çalışma koşulları ile değişken yükler için geçici ve sürekli çalışma durumları incelenerek sonuçlar grafiklerle irdelenmiştir.

Hatziargyriou vd. [12], tarafından yapılan çalışmada mikro türbin, yakıt hücresi, fotovoltaik sistem ve rüzgâr türbininin modellenmesi yapılmıştır. Bunlarla birlikte güç elektroniği ara yüzlerinin temel modelleri de verilmiştir. Bu modellerin sürekli hal ve dinamik benzetim programlarında kullanılması, alçak gerilimli mikro şebekelerin bağlaşımlı kontrol ve çalışma stratejileri için benzetim platformu sağlayacaktır.

Efe [13], doktora tezinde, fotovoltaik sistem, rüzgâr enerjisi sistemi, yakıt pili sistemi ve mikro hidroelektrik santralden oluşan bir mikro şebeke yapısının benzetimini yapmıştır. Oluşturulan bu sistem, çeşitli yüklenme ve arıza durumları için incelenmiş, ayrıca yapay sinir ağı



tabanlı yeni bir yöntem geliştirilerek mikro şebekenin sürekli halde güç akış analizinin yapılabilmesi sağlanmıştır.

Elrayah vd. [14], bir mikro şebekenin karalı çalışması için yeni bir yük akışı analizi yöntemi geliştirmişlerdir. Bu çalışmada özellikle adalanmış halde çalışan bir mikro şebekedeki gerilim düşümlerinin azaltılarak gerilim regülasyonunda karalılığın artırılması amaçlanmıştır.

Sun ve ekibi [15], hibrit tek faz-üç faz bir mikro şebeke güç yönetiminin nasıl olabileceği ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu mikro şebeke yapısı güç paylaşım ünitesi ve üç tane tek fazlı konvertör ünitesi içermektedir. Yapılan deneysel ve benzetim çalışmaları, hibrit faz yapısı içeren bu mikro şebekede güç paylaşım ünitesinin kontrol açısından uygun sonuçlar verdiği ortaya çıkarmıştır.

Literatür taraması, mikro şebekeler ile ilgili çalışmaların oldukça popüler ve fazla olduğunu göstermiştir. Bu durum tez konusunun önemini bir kez daha vurgulamıştır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Mikro şebekeler, yenilenebilir enerji kaynakları ile klasik enerji üretim santrallerinin entegrasyonu sonucunda oluşturulan hibrit yapılardır. Özel bölgelerin enerjilendirilmesi amacıyla kolayca uygulanabildikleri, kaliteli ve kesintisiz enerji sağlayabildikleri için mikro şebekelerin kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Bu tez çalışmasında bir mikro şebekenin tasarımı ile çeşitli çalışma ve arıza koşulları için analizi yapılmıştır. Tasarlanan model, şebeke bağlantılı rüzgâr enerjisi sistemi ve fotovoltaik sistemden oluşan hibrit bir yapıdır. Bu nedenle öncelikle yenilenebilir enerji kaynaklarının ve özelde söz konusu iki enerji üretim sisteminin detaylı olarak anlatılması gerekmektedir.

#### 3.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

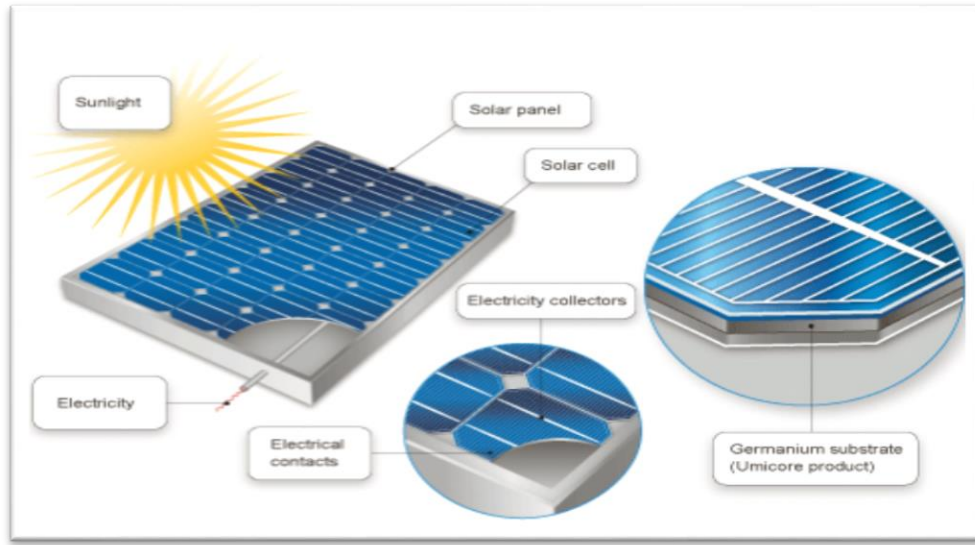
Yenilenebilir enerji kaynakları tabiat tarafından sürekli olarak yeri doldurulan kaynaklar olarak tanımlanır. IEA yenilenebilir enerji çalışma grubu tanımına göre yenilenebilir enerji, sürekli olarak yenilenen ve doğal süreçlerden elde edilen enerji çeşididir. Bu tanımlardan da anlaşılacağı gibi YEK doğada var olan ve kendini yenileyerek sürekliliğini devam ettiren, dünya var oldukça da temin edilebilecek olan temiz enerji kaynaklarıdır [16].

Her ülkenin kendi konumunu ve politikasını ülkesel önceliklerine ve kaynak potansiyellerini dikkate alarak geliştirmeleri gerekmektedir. YEK'in enerji tüketilen her yerde kullanılmasının gelecekte bir zorunluluk haline gelmesi beklenmektedir. Beklenmesi gereken diğer bir durum ise, enerjinin temiz, güvenilir ve ekonomik bir şekilde temin edilmesinin devletler tarafından vazgeçilmez enerji politikası olarak benimsenmesidir. Türkiye'nin üyesi olmaya çalıştığı AB, 2020 yılında yenilenebilir enerjilerin toplam enerji içindeki payını %20 ye, ulaşımda tüketilen enerji içindeki payını ise %10'a çıkarmayı hedeflemektedir. Aynı şekilde yine AB 2020 yılında toplam elektrik tüketiminin yaklaşık olarak %35'ini ısı ihtiyacının yaklaşık %25'ini ve ulaşımdaki yakıt ihtiyacının yaklaşık %10'unu, toplam enerjinin ise %20'den fazlasını YEK'den sağlamayı hedeflemiştir. Bu doğrultuda, 2020 yılında rüzgâr için 180000MW, hidrolik için 120000MW, biyokütle için 50000MW ve jeotermal için 2000MW kurulu güçlere ulaşmayı hedeflemektedir [16].

YEK'in en büyük sorunu bilindiği gibi süreksizlik problemidir. Bu süreksizlik problemi birçok YEK birlikte kullanılarak çözebileceği düşünülmektedir. Başlıca YEK, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyoenerji, hidrolik, hidrojen ve deniz tabanlı enerjidir.

### 3.2. Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik paneller fotovoltaik hücrelerin seri ve paralel bağlanmaları ile istenilen gerilim ve güç değerlerinde oluşturulan yapılardır. Panellerin seri ve paralel bağlanması ile de fotovoltaik sistemler elde edilir. Fotovoltaik hücreler yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çeviren yarı iletken malzemelerden yapılan araçlardır. Fotovoltaik hücre alanları genellikle  $100\text{cm}^2$  civarında, kalınlıkları ise 0,1-0,4mm arasındadır. Şekil 3.1’de fotovoltaik hücre ve fotovoltaik hücrelerden oluşan fotovoltaik panel gösterilmektedir [13].



Şekil 3.1. Fotovoltaik hücre ve fotovoltaik panel

Fotovoltaik hücreler çeşitli maddeler kullanılarak yapılabilir. En çok kullanılan maddeler kristal silisyum, galyum arsenit, amorf silisyum, kadmiyum tellürid, bakır indiyum diselenidoptik yoğunlaştırıcı hücrelerdir.

#### 3.2.1. Kristal Silisyum

Tek kristal silisyum bloklardan üretilen güneş hücrelerinde laboratuvar şartlarında %24, ticari modüllerde ise %15'in üzerinde verim elde edilmektedir. Çok kristalli silisyum güneş hücrelerinde ise elde edilen verim %2-5 kadar düşüktür.

### **3.2.2. Galyum Arsenit(GaAs)**

Bu malzemelerle laboratuvar şartlarında %25-28 (optik yoğunlaştırıcı) verim elde edilmektedir. GaAs güneş hücreleri uzay uygulamalarında ve optik yoğunlaştırıcı sistemlerde kullanılmaktadır.

### **3.2.3. Amorf Silisyum**

Kristal yapı özelliği göstermeyen bu Si hücrelerinden elde edilen verim %10 dolayında, ticari modüllerde ise %5-7 mertebesindedir. Günümüzde daha çok küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılan amorf silisyum direkt güneş ışınımı az olan bölgelerde de santral uygulamalarında kullanılmaktadır.

### **3.2.4. Kadmiyum Tellürid(CdTe)**

Çok kristal yapıda bir malzeme olan CdTe ile güneş hücre maliyetinin çok aşağılara çekileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük hücrelerde %16, ticari tip modüllerde ise %7 civarında verim elde edilmektedir.

### **3.2.5. Bakır İndiyum Diselenid(CuInSe<sub>2</sub>)**

Bu çokkristal hücre laboratuvar şartlarında %17,7 ve enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir. 1 cm<sup>2</sup> 'lik hücre alanı için laboratuvarlarda ulaşılan en yüksek hücre verimleri Çizelge3.1'de verilmiştir.

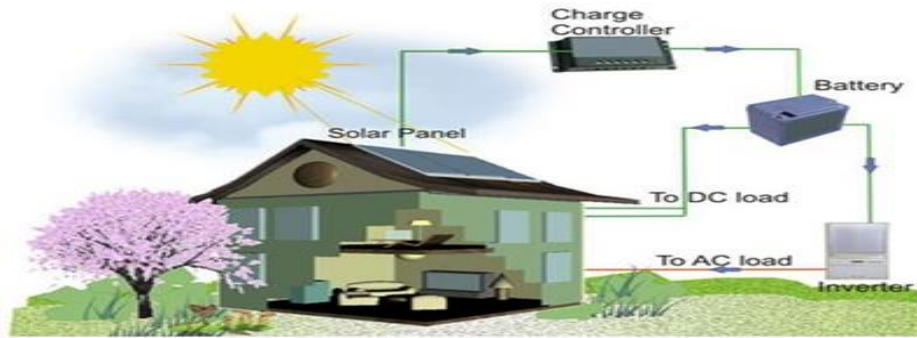
**Çizelge 3.1.** Ulaşılan en yüksek hücre verimleri

Hücre Tipi	Ulaşılan Verim
Kristalsi Güneş Hücresi	%24.5
Polikristalsi	%19.8
Amorfsi	%12.7
Çok Katlı Güneş Hücreleri	%40

Ticari ortama girmiş olan geleneksel Si güneş hücrelerinin yerini alabilecek verimleri aynı ama üretim teknolojileri daha kolay ve daha ucuz olan güneş hücreleri üzerinde de son yıllarda çalışmaları yoğunlaştırılmıştır. Bunlar; foto-elektrokimyasal çok kristalli Titanyum Dioksit hücreler, polimer yapılı Plastik hücreler ve güneş spektrumunun çeşitli dalga boylarına uyum sağlayacak şekilde üretilebilen enerji bant aralığına sahip Kuantum güneş hücreleri gibi yeni teknolojilerdir [13].

Güneş hücreleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Fotovoltaik modüller uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir fotovoltaik sistemi oluştururlar [16].

PV paneller seri ve paralel bağlanarak istenilen çıkış geriliminde ve güçte diziler elde edilebilir [13]. Şekil 3.2’de fotovoltaik enerji üretim sisteminin uygulama şeması gösterilmiştir.

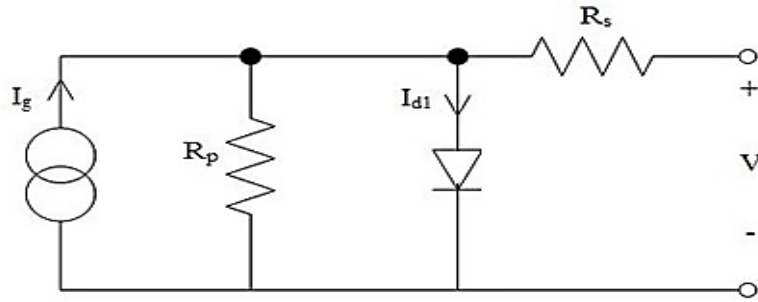


**Şekil 3.1.** Fotovoltaik enerji üretim sistemi uygulama şeması

Bir PV hücresinin çalışma prensibi klasik p-n jonksiyonlu diyotun çalışma prensibine çok benzemektedir. Fotonlar jonksiyona ulaştığında, absorbe edilen fotonun enerjisi yarıiletken malzemenin elektron yapısına aktarılır. Oluşan boşluk bölgesinde yük taşıyıcılar oluşur. Jonksiyon bölgesindeki elektrik yükü taşıyıcıları bir potansiyel fark oluşturur ve eğer uçlar dışarı

alınarak harici bir devre oluşturulursa bu devre üzerinden bir akım akmaya başlar. Devreden geçen akım  $I$  olmak üzere  $I^2 \cdot R_{devre}$  elektrik enerjisine dönüşen güçtür. Geriye kalan ve elektrik enerjisine dönüşmeyen foton gücü PV hücresinin sıcaklığını artırır [13].

Literatürde FV hücrelerin modellenmesi ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bununla beraber, yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen en yaklaşık model olarak tek diyotlu yapı ön plana çıkmaktadır. Çoklu kristal yapıdaki tipik bir FV hücresinin tek diyotlu modeli Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Güneş pili eşdeğer DA akım modeli

Şekil 3.4.'de verilen yapının matematiksel modeli denklem (3.1)'de verilmiştir.

$$I_{FV} = I_S \left[ e^{\frac{qV_d}{nkT}} - 1 \right] - \frac{V + IR_S}{R_p} \quad (3.1)$$

Burada  $V$ ; hücrenin uç gerilimi,  $I_{PV}$ ; çıkış akımı,  $k$ ; Boltzmann sabiti,  $T$ ; Kelvin cinsinden mutlak ortam sıcaklığı ve  $q$ ; elektron yüküdür ve  $q = 1.593 \times 10^{-19}$ 'dur [13].

Güneş hücreleri verimlerine bağlı olarak güneş ışınımı altında 1 - 1.5Watt arasında güç üretebilmektedir. Tek bir diyottan elde edilebilecek akım değeri 2 - 2.5 Amper; gerilim değeri ise 0.5 ile 0.6 Volt arasındadır. Bu nedenle yüksek güce sahip modüller elde edilmesi için bu hücreler arasında seri ve paralel bağlantılar kurulur. Bu yöntemle oluşturulan yapı, literatürde güneş paneli olarak tanımlanmaktadır. Güncel durumda 300W gücünde paneller üretilmekte ve piyasaya sunulmaktadır [13].

### 3.3. Rüzgâr Enerjisi Sistemleri

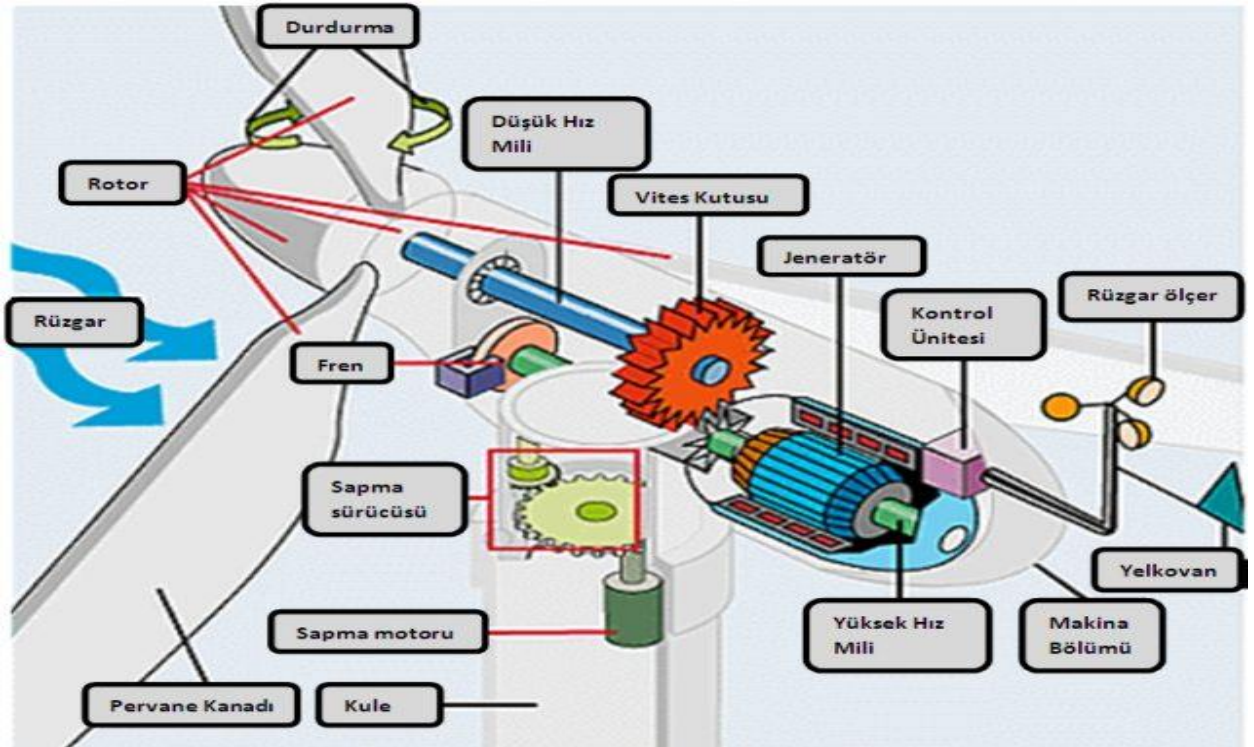
Rüzgâr enerjisi; doğal, yenilenebilir, temiz ve sonsuz bir güç olup kaynağı güneştir. Güneşin dünyaya gönderdiği enerjinin %1-2 gibi bir miktarı rüzgâr enerjisine dönüşmektedir. Güneşin, yer yüzeyini ve atmosferi homojen ısıtmamasının bir sonucu olarak ortaya çıkan sıcaklık ve basınç farkından dolayı hava akımı oluşur. Bir hava kütlesi mevcut durumundan daha fazla ısınırsa atmosferin yukarısına doğru yükselir ve bu hava kütlelerinin yükselmesiyle boşalan yere, aynı hacimdeki soğuk hava kütlesi yerleşir. Bu hava kütlelerinin yer değiştirmelerine rüzgâr adı verilmektedir. Oluşan hava akımının kinetik enerjisini bir türbin yardımı ile elektrik enerjisine dönüştüren sistemlere rüzgâr enerji sistemleri denir. Rüzgâr enerjisi uygulamalarının ilk yatırım maliyetinin yüksek, kapasite faktörlerinin düşük oluşu ve değişken enerji üretimi gibi dezavantajları yanında üstünlükleri genel olarak şöyle sıralanabilir;

- \* Atmosferde bol ve serbest olarak bulunur.
- \* Yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır, çevre dostudur.
- \* Kaynağı güvenilirdir, tükenme ve zamanla fiyatının artma riski yoktur.
- \* Maliyeti günümüz güç santralleriyle rekabet edebilecek düzeye gelmiştir.
- \* Bakım ve işletme maliyetleri düşüktür.
- \* İstihdam yaratır.
- \* Hammaddesi tamamıyla yerlidir, dışa bağımlılık yaratmaz.
- \* Teknolojisinin tesisi ve işletilmesi göreceli olarak basittir.
- \* İşletmeye alınması kısa bir sürede gerçekleşebilir [16].

Rüzgâr türbinleri, rüzgâr enerji santrallerinin ana yapı elemanı olup hareket halindeki havanın kinetik enerjisini öncelikle mekanik enerjiye ve sonrasında elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir. Rüzgâr türbinleri dönüş eksenlerinin doğrultusuna göre yatay eksenli veya dikey eksenli olarak imal edilirler. Bu tiplerden en fazla kullanılanı yatay eksenli rüzgâr türbinleridir. Yatay eksenli rüzgâr türbinleri, dönme eksenleri rüzgâr yönüne paralel ve kanatları ise rüzgâr yönüne dik vaziyette çalışırlar. Bu tip rüzgâr türbinleri bir, iki, üç veya çok kanatlı yapılmaktadır. Yatay eksenli rüzgâr türbinleri; rüzgârın kuleyi yalamadan rotora çarpması durumunda ileri ya da önden rüzgârlı (up-wind), önce kuleye dokunup sonra rotora gelmesi koşulunda geri yada arkadan rüzgârlı (down-wind) türbin adını alırlar. Dikey eksenli rüzgâr türbinlerinin eksenleri rüzgâr yönüne dik ve dikey olup kanatları da dikey vaziyettedir. Dikey eksenli rüzgâr türbinlerinde rüzgârın esme yönü değiştiği zaman yatay eksenli rüzgâr

türbinlerinde olduğu gibi herhangi bir pozisyon değiştirmesi olmaz. Elektrik üretim amaçlı şebeke bağlantılı modern rüzgâr türbinleri çoğunlukla 3 kanatlı, yatay eksenli ve up-wind türü rüzgâr türbinleridir [16].

Günümüzde teknolojik gelişmelere paralel olarak 1,0-6,0 MW gücünde yatay eksenli rüzgâr türbinleri kullanılmaktadır. Bir rüzgâr türbini, çevredeki engellerin rüzgâr hız profilini değiştirmeyeceği yükseklikteki bir kule üzerine yerleştirilmiş gövde ve rotordan oluşur. Kanatlar ve göbek rotor olarak adlandırılır. Üç kanatlı yeni nesil rüzgâr türbinlerinin kanat çapları 100 m değerine ulaşmıştır. Modern rüzgâr türbinlerinin rotor göbekleri (hub) yer seviyesinden 60-100 m yükseklikte bir kule üzerinde bulunur. Bir rüzgâr türbininden elde edilecek enerji miktarı birinci dereceden türbin hub yüksekliğindeki rüzgâr hızına bağlı olmaktadır. Türbin hub yüksekliğinin artırılması sonucu rüzgâr hızının artacağı gerçeği dikkate alındığında hubyüksekliğinin artırılması, mevcut rüzgâr gücünden maksimum düzeyde yararlanılmasını sağlayacaktır. Şekil 3.4’de bir rüzgâr türbininin iç yapısı gösterilmiştir [16].



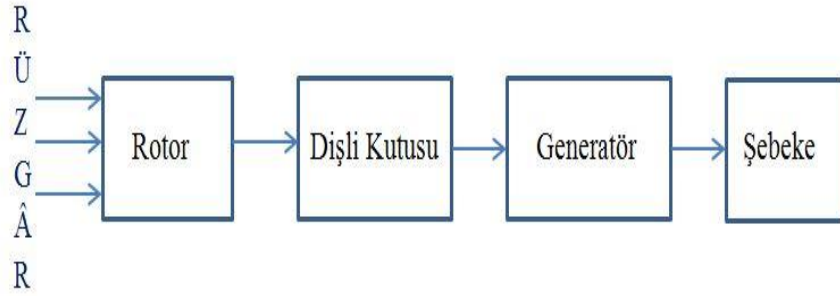
Şekil 3.3. Rüzgâr türbininin iç yapısı

Rotor düşük devirli bir ana mile bağlıdır. Rüzgârın kinetik enerjisi rotor tarafından mekanik enerjiye çevrilir ve düşük devirli ana milin dönüş hareketi gövde içersindeki iletim sistemine (dişli kutusu vb.), oradan generatöre aktarılır. İletim sistemi, generatör ve yardımcı



üniteler gövde içerisinde yer alır. Bir rüzgâr türbininde tanımlanan elemanlar dışında; frenleme düzenleri, kontrol-kumanda sistemleri, yönlendirme motoru ve mekanizması, anemometre ve rüzgâr gülü gibi ölçüm cihazları bulunur.

Asenkron generatörlü bir rüzgâr enerji sisteminin blok şeması Şekil 3.5’de gösterilmiştir [13].



Şekil 3.4.RES blok şeması

Rüzgâr türbinlerinin teorik çalışmalarda kullanılması için oluşturulan benzetimler matematiksel yapı temeli üzerine kuruludur. Bu nedendir ki rüzgâr türbini tasarlanırken matematiksel eşitliklerin iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Bir rüzgâr türbininden elde edilecek güç eşitlik (3.2) ile ifade edilir:

$$P_m = \frac{1}{2} \rho A V^3 C_p (\lambda, \beta) \quad (3.2)$$

Burada  $\rho$  havanın özgül yoğunluğunu ( $\text{kg/m}^3$ ),  $A$  kanat süpürme alanını ( $\text{m}^2$ ),  $V$  rüzgâr hızını ( $\text{m/s}$ ),  $C_p$  güç dönüşüm katsayısını,  $\lambda$  kanat uç-hız oranını,  $\beta$  ise radyan cinsinden kanatların eğim açısını ifade etmektedir. Bu eşitlik detaylandırılacak olursa;

$$C_p (\lambda, \beta) = c_1 \left( \frac{c_2}{\lambda_i} - c_3 \beta - c_4 \right) e^{\frac{-c_5}{\lambda_i} + c_6 \lambda} \quad (3.3)$$

Eşitlik (4.3)’te tanımlanan c sabitleri için;  $c_1 = 0.5176$ ,  $c_2 = 116$ ,  $c_3 = 0.4$ ,  $c_4 = 5$ ,  $c_5 = 21$  ve  $c_6 = 0.0068$  değerleri kullanılır. Eşitlikteki diğer parametreler için

$$\frac{1}{\lambda_i} = \frac{1}{\lambda + 0,08\beta} - \frac{0,035}{\beta^3 + 1} \quad (3.4)$$

$$\lambda = \frac{\omega r}{V} \quad (3.5)$$

$$A = \pi r^2 \quad (3.6)$$

ifadeleri elde edilir. Burada  $\omega$  türbinin dönüş hızı ( $\text{rad/s}$ ) ve  $r$  de türbin kanadının yarıçapıdır ( $\text{m}$ ).

Bir türbin için,

$$T_m = \frac{P_m}{\omega} \quad (3.7)$$

eşitliği bilindiğinden türbin rotorundan elde edilecek mekanik tork ifadesi

$$T_m = \frac{1}{2\omega} \rho \pi r^5 C_p(\beta, \lambda) V^3 \quad (3.8)$$

eşitliği ile verilmektedir [13].

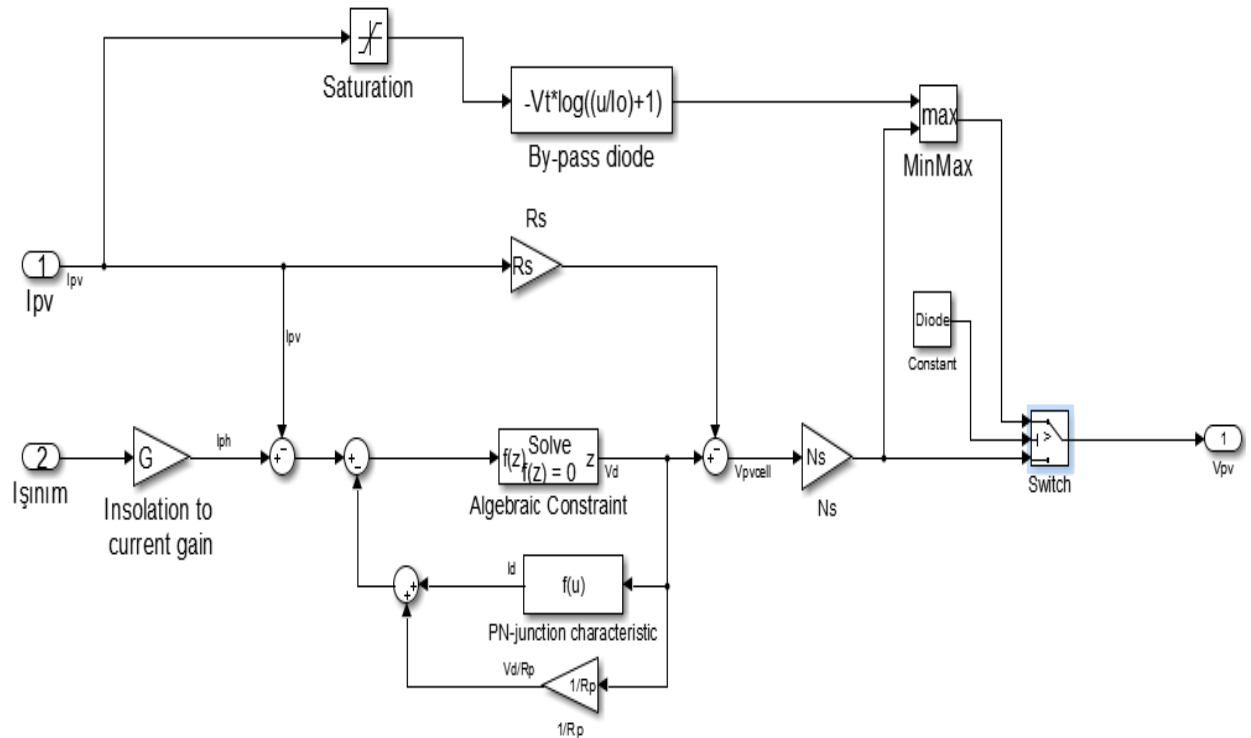


## 4. BULGULAR

Bu bölümde, tez çalışmasının temelini oluşturan mikro şebekenin tasarım aşamaları verilmiştir. Tasarlanan şebeke bağlantılı mikro şebeke fotovoltaik sistem ve rüzgâr enerji sistemini içermektedir. Her sistemin tasarımı ayrı ayrı yapılmış, daha sonra mikro şebeke yapısının oluşturulması amacıyla birleştirilmiştir. Mikro şebeke halka (ring) yapıda tasarlanmıştır. Bu tasarım tipini seçmekle, şebekenin herhangi bir noktasında oluşabilecek bir arızanın diğer noktalarındaki etkilerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Benzetim yazılımı olarak MATLAB/Simulink platformu kullanılmıştır.

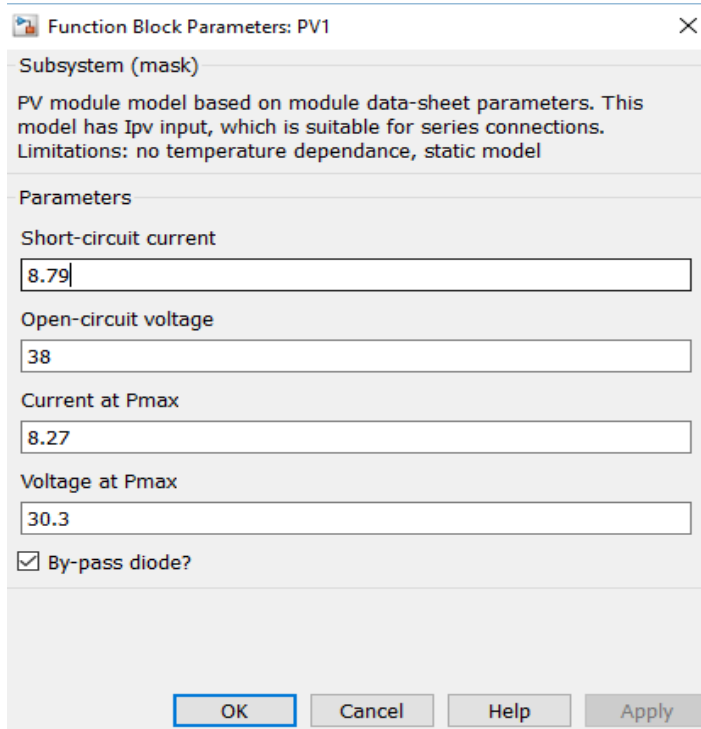
### 4.1. Fotovoltaik Sistem Benzetimi

Mikro şebekenin üretim sistemlerinden biri olan FV sistem MATLAB/Simulink platformu altında adım adım tasarlanmıştır. Önce FV modül tasarlanmış, daha sonra sırayla panel ve sistem modelleri oluşturulmuştur. FV modülün iç yapısı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. FV modülün iç yapısı

FV panelin elde edilmesi için ticari olarak satışta olan bir FV panelin parametreleri kullanılmıştır. Bu parametreler Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Function Block Parameters: PV1

Subsystem (mask)  
PV module model based on module data-sheet parameters. This model has  $I_{pv}$  input, which is suitable for series connections. Limitations: no temperature dependence, static model

Parameters

Short-circuit current  
8.79

Open-circuit voltage  
38

Current at Pmax  
8.27

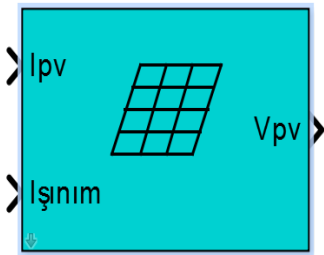
Voltage at Pmax  
30.3

By-pass diode?

OK Cancel Help Apply

Şekil 4.2. FV modl parametreleri

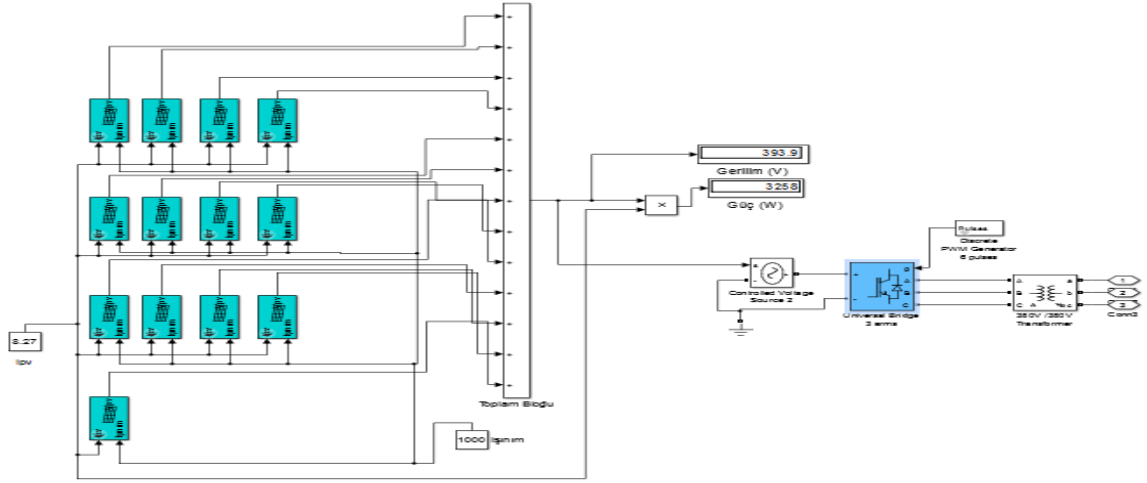
İç yapısı verilen modülün teorik uygulamalar için oluşturulan bloğu Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3. FV bloğu

Model tasarımında FV hücrenin üretilen akımı kullanılmıştır. Hücre akımı ve ışınım değerleri ile modülün gerilim ve g değerleri elde edilmiştir. Elde edilen FV paneller seri veya paralel bağlanarak 3258kW güç ve 393V gerilimde bir fotovoltaik sistem elde edilmiştir. Elde

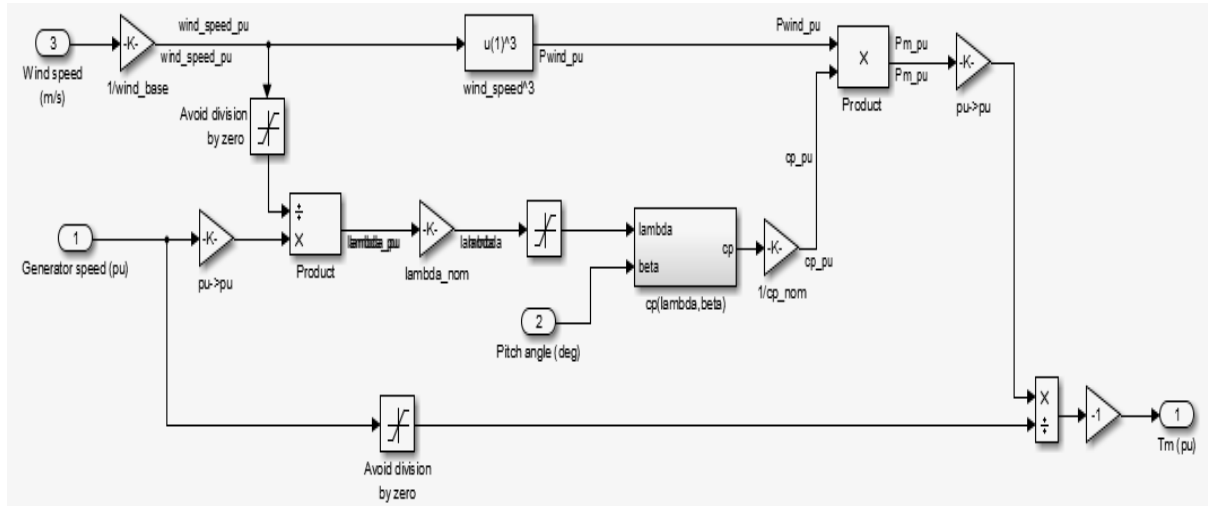
edilen DA gerilim invertör yardımı ile 400V AA'ya çevrilmiştir. Nihayetinde Şekil 4.4'deki fotovoltaik sistem elde edilmiştir.



Şekil 4.4. FV Enerji Üretim Sistemi

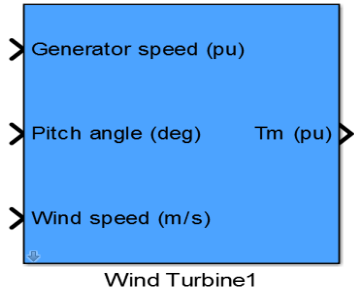
## 4.2. Rüzgâr Enerji Sistemi

Rüzgâr türbini Şekil 4.5'de verilen rüzgâr türbini modeli kullanılarak MATLAB/Simulink platformunda tasarlanmıştır.



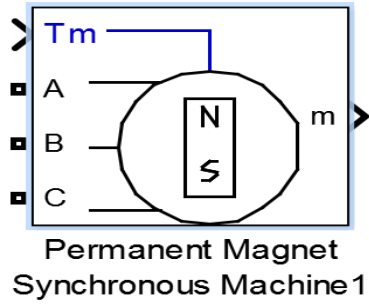
Şekil 4.5. Rüzgâr türbini modeli

Modelin blok yapısı Şekil 4.6’da verilmiştir.

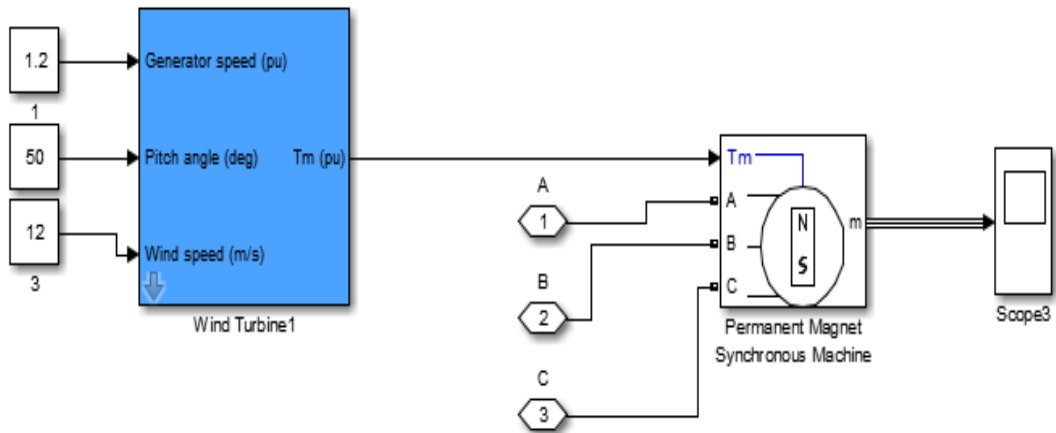


Şekil 4.6. Rüzgâr türbini bloğu

Türbinin  $T_m$  çıkışı Şekil 4.7’deki Sabit Mıknatıslı Senkron generatöre bağlanarak 400V gerilim ve 5000VA güç elde edilmiştir. Tasarlanan rüzgâr enerjisi üretim santrali Şekil 4.8’de verilmiştir.



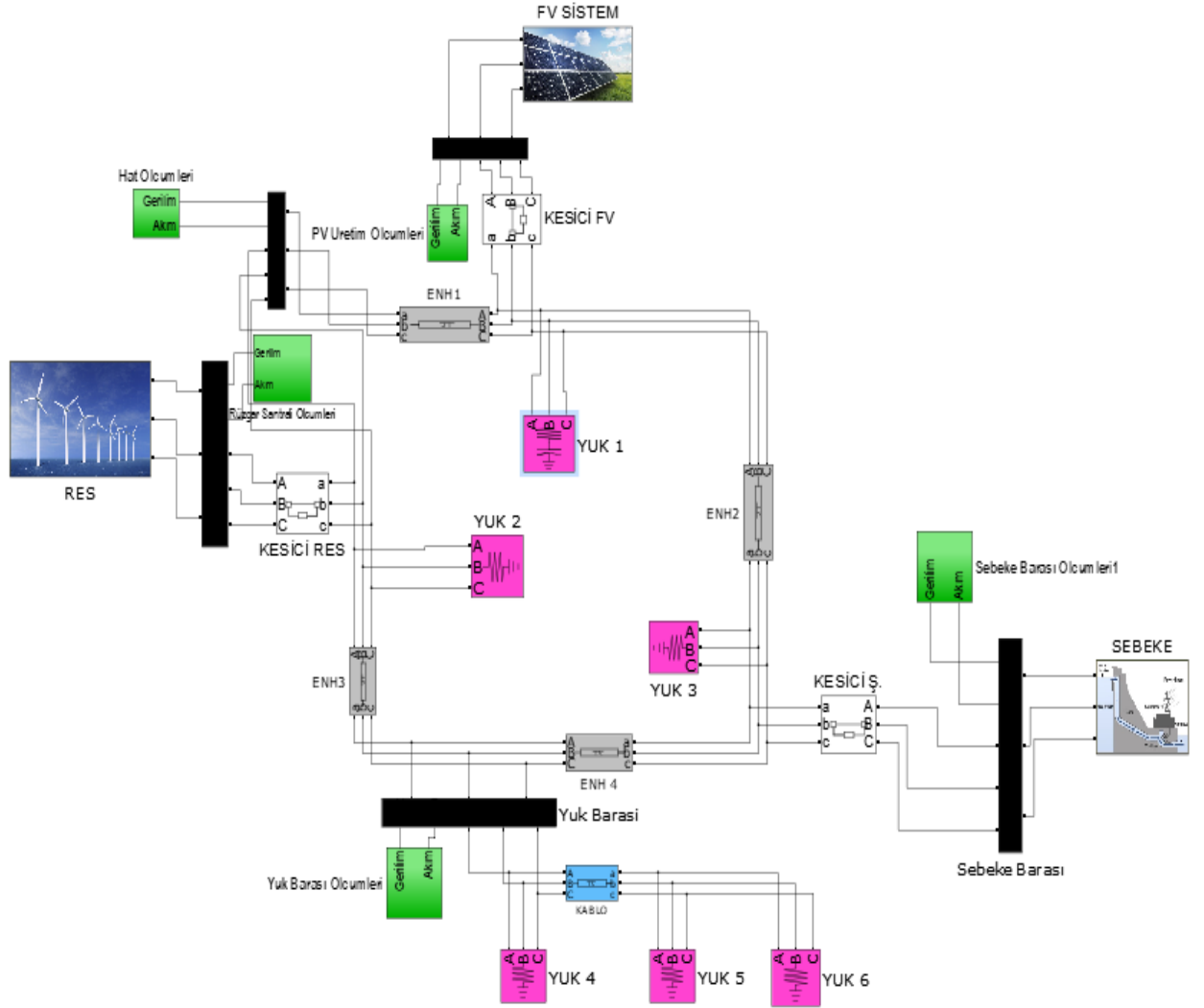
Şekil 4.7. Sabit mıknatıslı senkron generatör



Şekil 4.8. MATLAB/Simulink rüzgâr enerjisi santrali

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Geçici durumların incelenmesi amacıyla MATLAB/Simulink tabanında Şekil 5.1’de verilen mikro şebeke tasarlanmıştır. Tasarlanan mikro şebekede FV’ nin, RES’ in ve şebeke çıkışları ile mikro şebeke hattına ölçüm blokları yerleştirilmiştir. Bu sayede sistemin geçici durumları incelenmiştir.



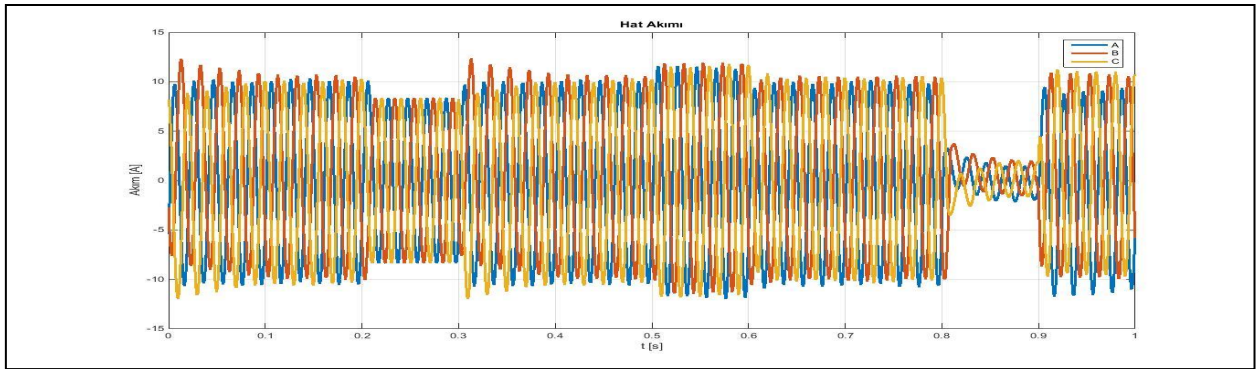
Şekil 5.1. MATLAB/Simulink mikro şebeke benzetimi

### 5.1. Kaynakların Devre Dışı Kalması Durumu

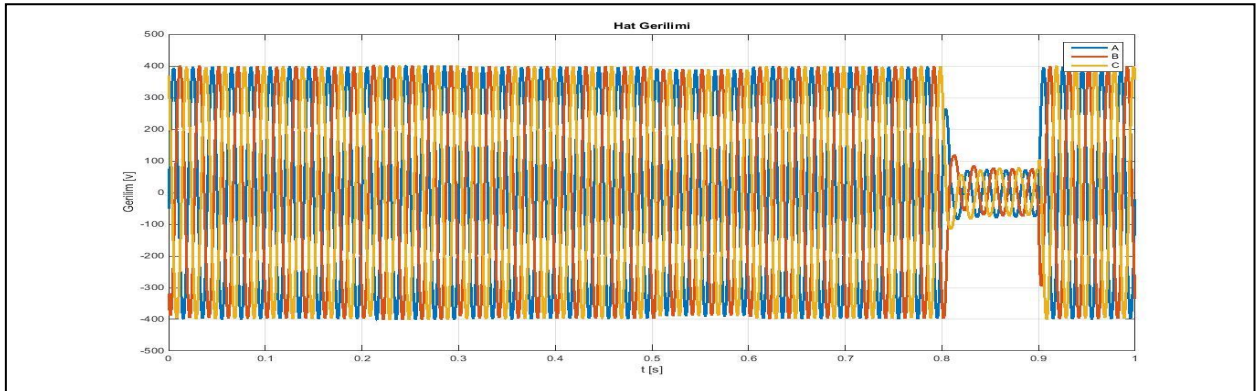
Tasarlanan mikro şebekede rüzgâr enerjisi sistemi, FV sistem ve şebeke baralarına bağlı kesiciler yardımı ile kaynaklar sırasıyla devre dışı bırakılmış ve sistemin kaynakların devre dışı kalması durumundaki geçici durumları incelenmiştir. Geçici durum verileri baralara konulan ölçüm blokları yardımı ile alınmıştır.

### 5.1.1. FV Sisteminin Devre Dışı Kalması Durumu

Fotovoltaik sisteminin devre dışı kalması durumunda ölçüm noktalarındaki gerilim ve akım değerleri ölçüm blokları yardımı ile elde edilmiştir. Şekil 5.2’de hat akımı grafiği verilmiştir. Fotovoltaik sistem 0.2-0.3 saniyeleri arasında devreden çıkarılmış, bu esnada grafikten anlaşılacağı üzere hat akımı 10A’dan 7.5A dolaylarına düşmüştür. FV sistemin devre dışı kalması anı için şekil 5.3’de hat gerilimi grafiği incelendiğinde ise hat geriliminin seviyesinde çok büyük bir değişiklik olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.



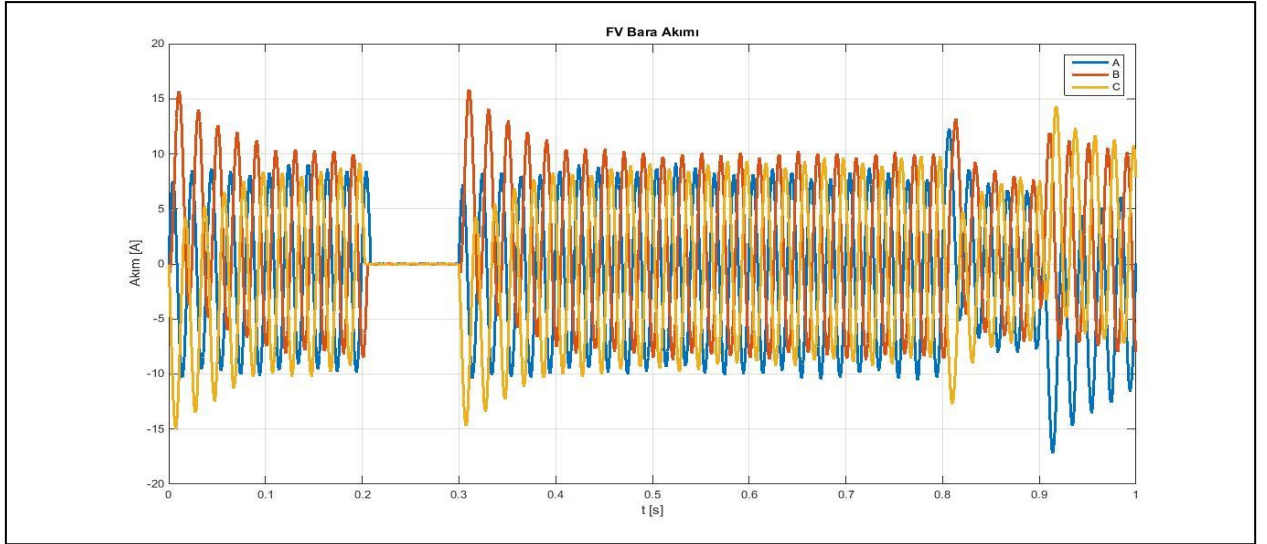
Şekil 5.2. FV'nin devre dışı kalması durumundaki hat akımı



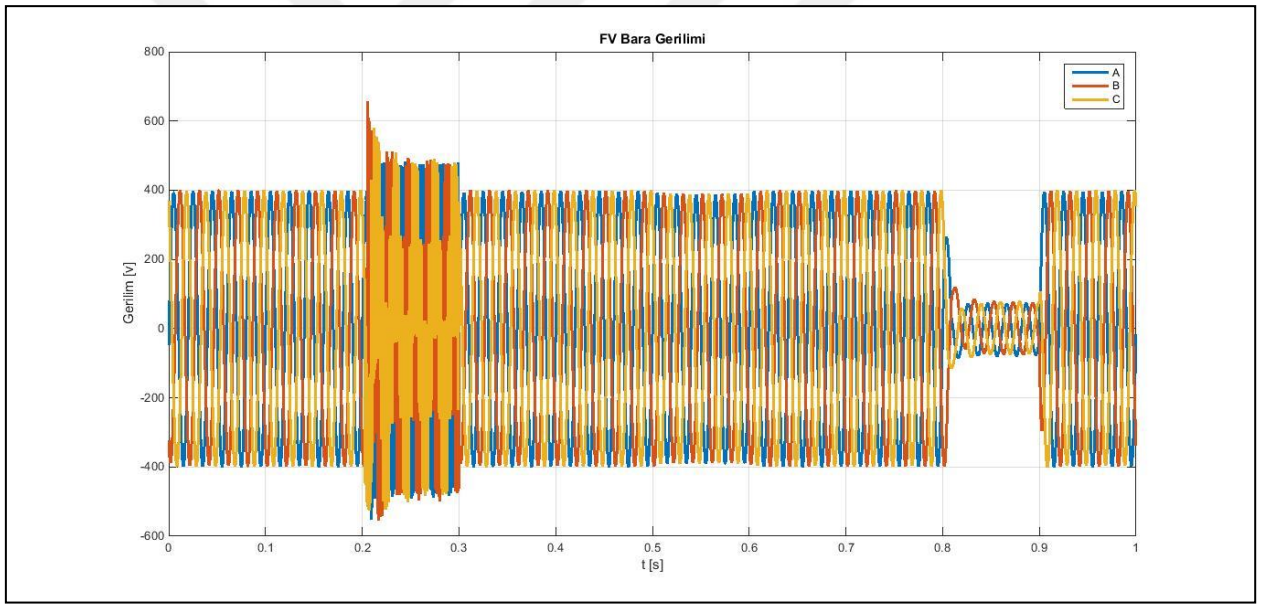
Şekil 5.3. FV'nin devre dışı kalması durumundaki hat gerilimi

Şekil 5.4’de FV akım grafiği verilmiştir. Fotovoltaik sistem 0.2-0.3 saniyeleri arasında devreden çıkarıldığı için grafikten anlaşılacağı üzere FV akım 10A’dan 0A dolaylarına düşmüştür. FV sistemin devre dışı kalması anı için Şekil 5.5’de FV gerilim grafiği incelendiğinde ise FV geriliminin seviyesinin 400V’dan ilk anda bir sıçrama yaparak 620V seviyelerine çıkmış sonradan 500V seviyesine stabil duruma geçmiştir.



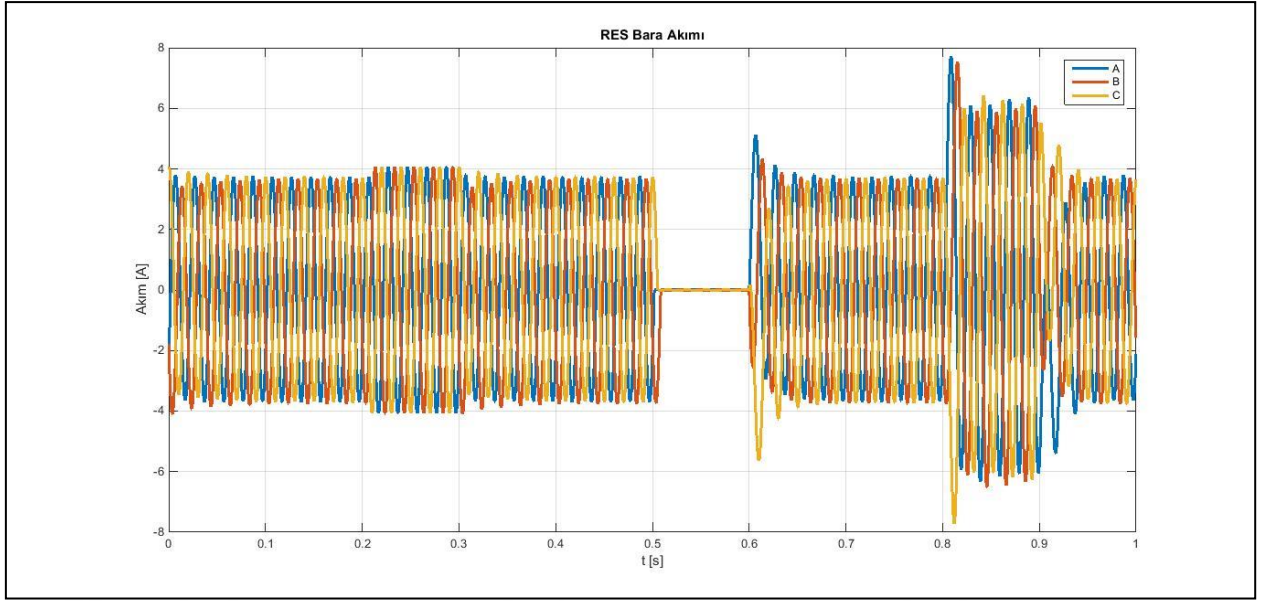


**Şekil 5.4.** FV'nin devre dışı kalması durumundaki FV akımı

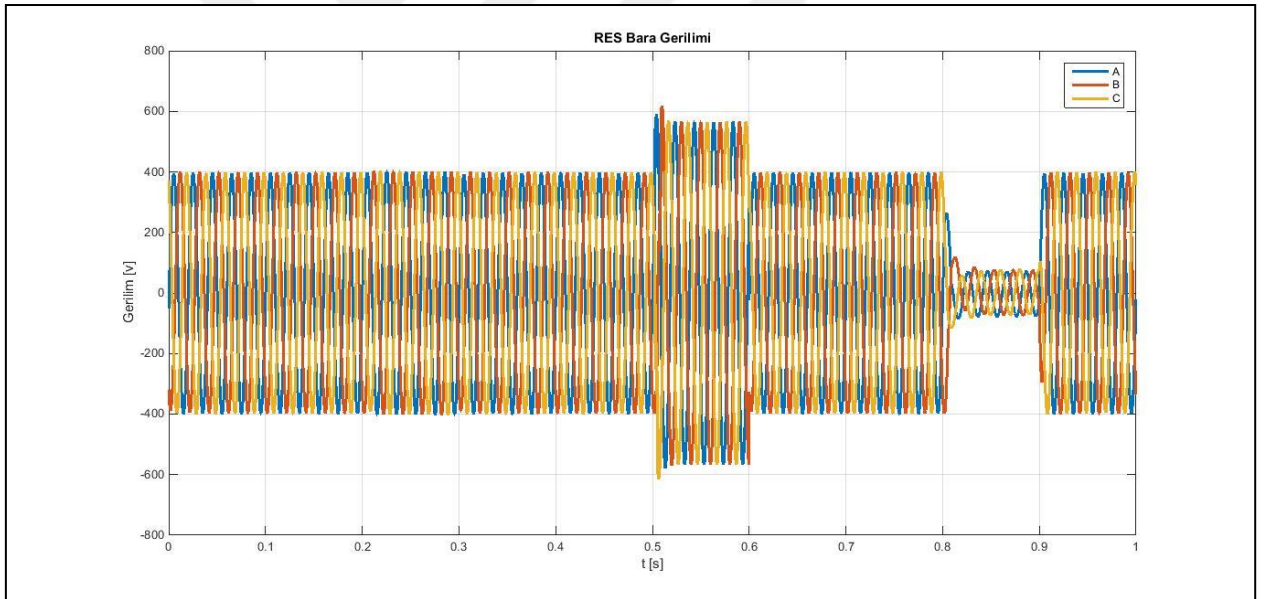


**Şekil 5.5.** FV'nin devre dışı kalması durumundaki FV gerilimi

Şekil 5.6'da RES akımı grafiği verilmiştir. Fotovoltaik sistem 0.2-0.3 saniyeleri arasında devreden çıkarılmış, bu esnada RES akımı 3.5A'den 4A seviyesine çıkmıştır. FV sistemin devre dışı kalması anı için şekil 5.7'de RES gerilimi grafiği incelendiğinde ise RES geriliminin seviyesinde çok büyük bir değişiklik olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

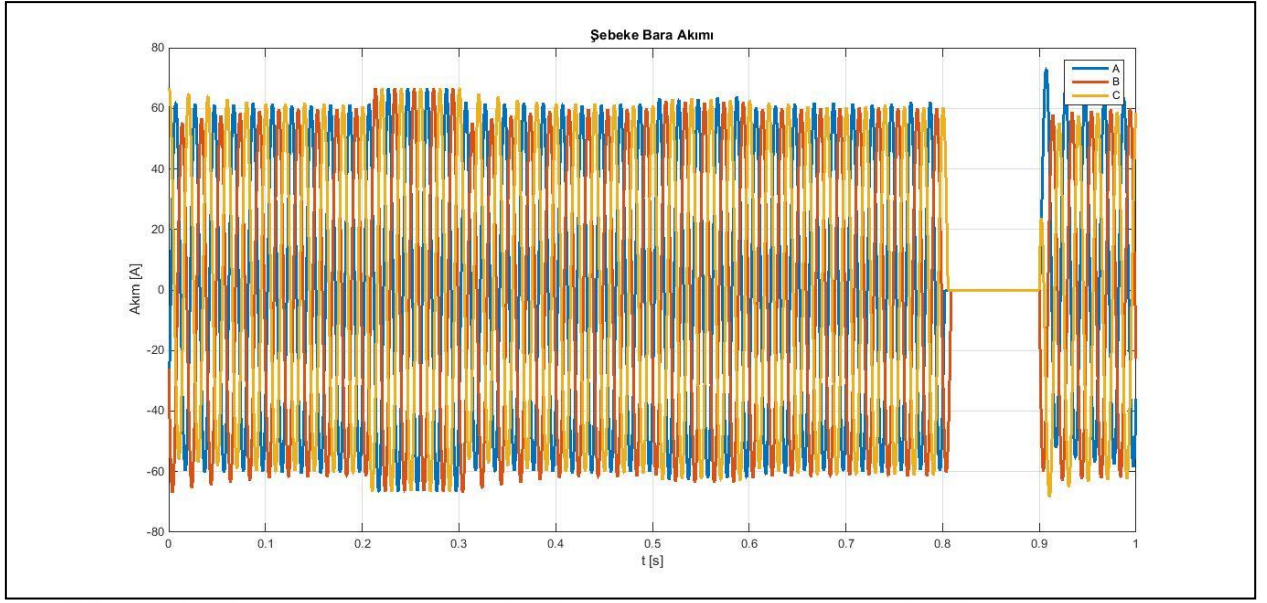


**Şekil 5.6.** FV'nin devre dışı kalması durumundaki RES akımı

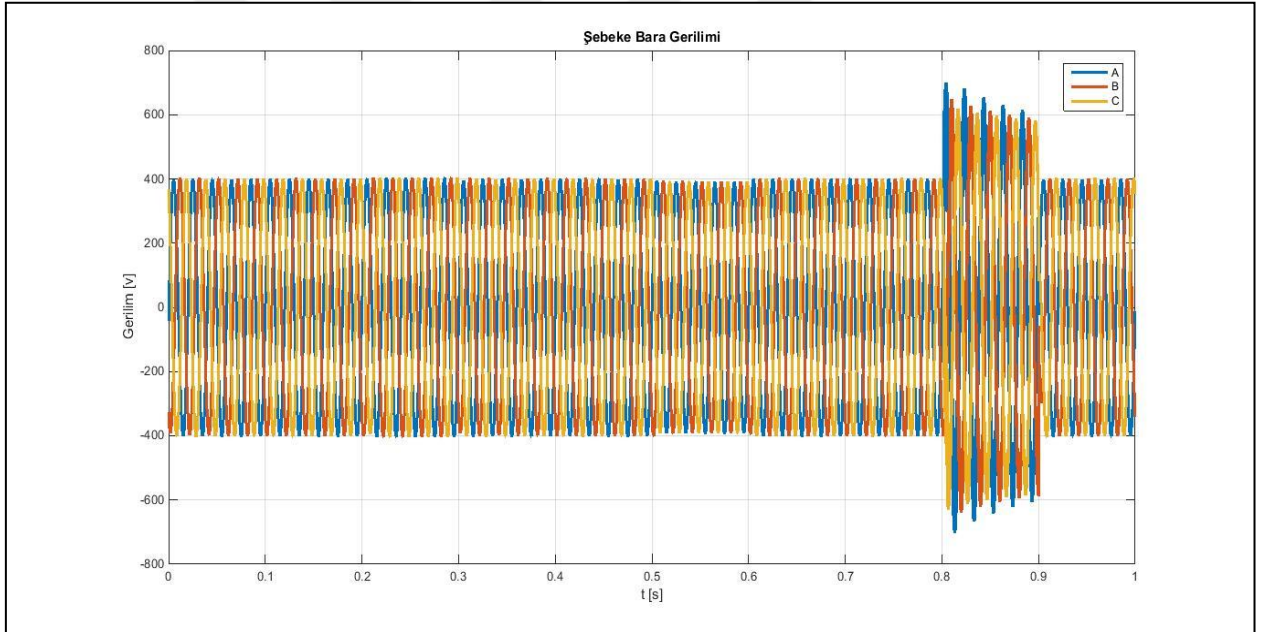


**Şekil 5.7.** FV'nin devre dışı kalması durumundaki RES gerilimi

Şekil 5.8'de şebeke akımı grafiği verilmiştir. Fotovoltaik sistem 0.2-0.3 saniyeleri arasında devreden çıkarılmış, bu esnada grafikten anlaşılacağı üzere şebeke akımı 60A'den 65A seviyesine çıkmıştır. FV sistemin devre dışı kalması anı için şekil 5.9'da şebeke gerilimi grafiği incelendiğinde ise şebeke geriliminin seviyesinde bir değişiklik olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.



**Şekil 5.8.** FV'nin devre dışı kalması durumundaki şebeke akımı

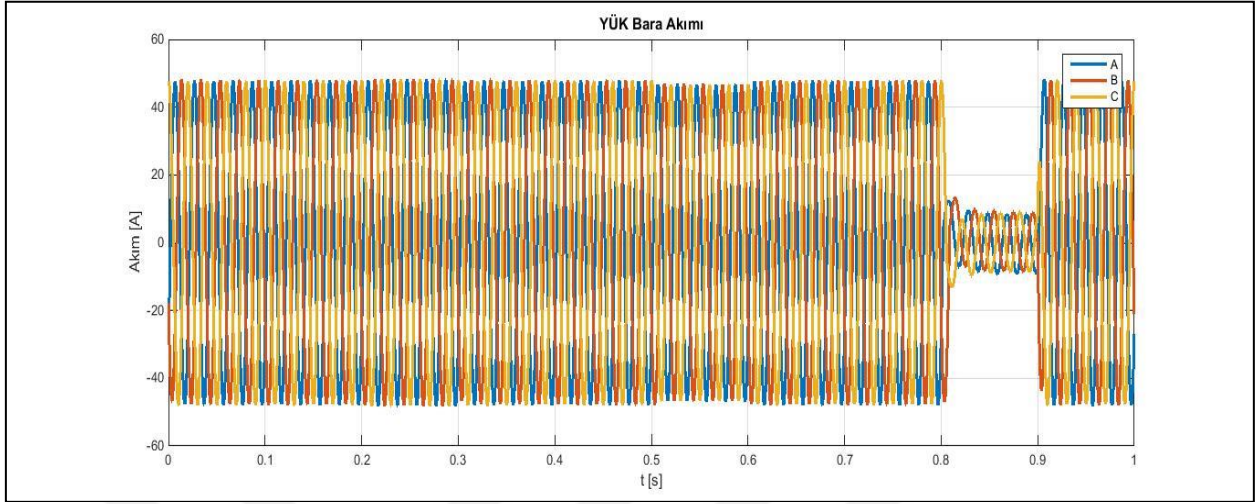


**Şekil 5.9.** FV'nin devre dışı kalması durumundaki şebeke gerilimi

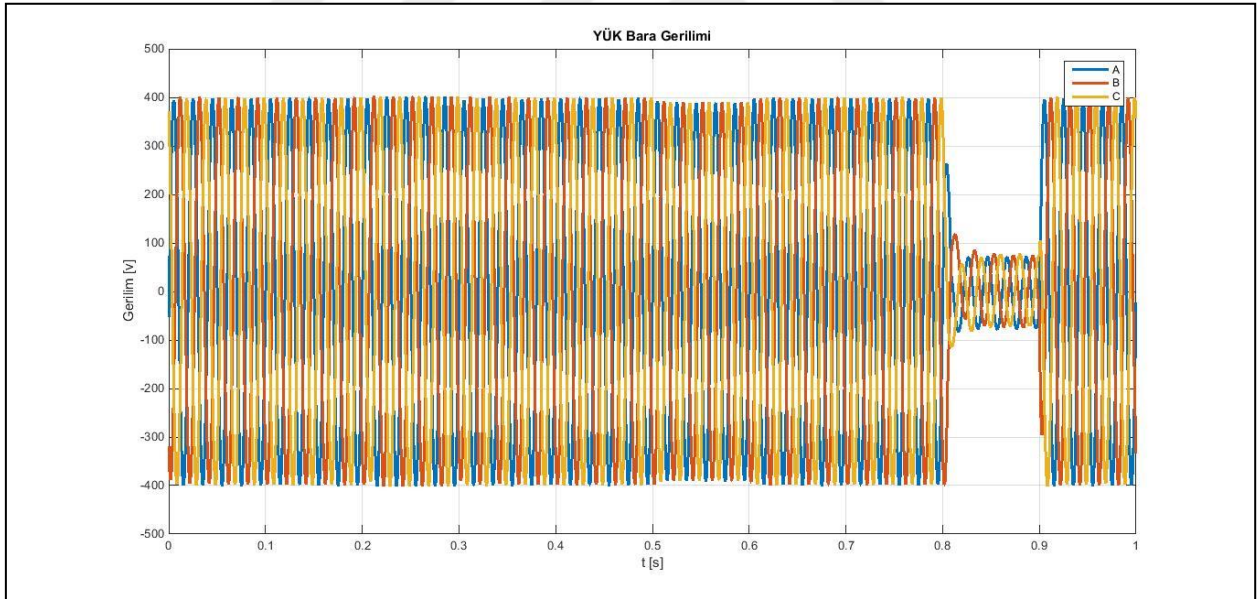
Şekil 5.10'da yük akımı grafiği verilmiştir. Fotovoltaik sistem 0.2-0.3 saniyeleri arasında devreden çıkarılmış, bu esnada grafikten anlaşılacağı üzere yükün çektiği akımda bir değişiklik olmadığı görülmüş olup şebeke mikro şebeke olduğu için diğer kaynaklar gerekli gücü sisteme sağlamıştır. FV sistemin sağladığı güç diğer kaynaklardan sağlanmış ve diğer kaynaklardan



çekilen akım artmıştır. Ayrıca FV sistemin devre dışı kalması anı için şekil 5.11’de yük gerilimi grafiği incelendiğinde yük geriliminin seviyesinde bir değişiklik olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5.10. FV’nin devre dışı kalması durumundaki yük akımı

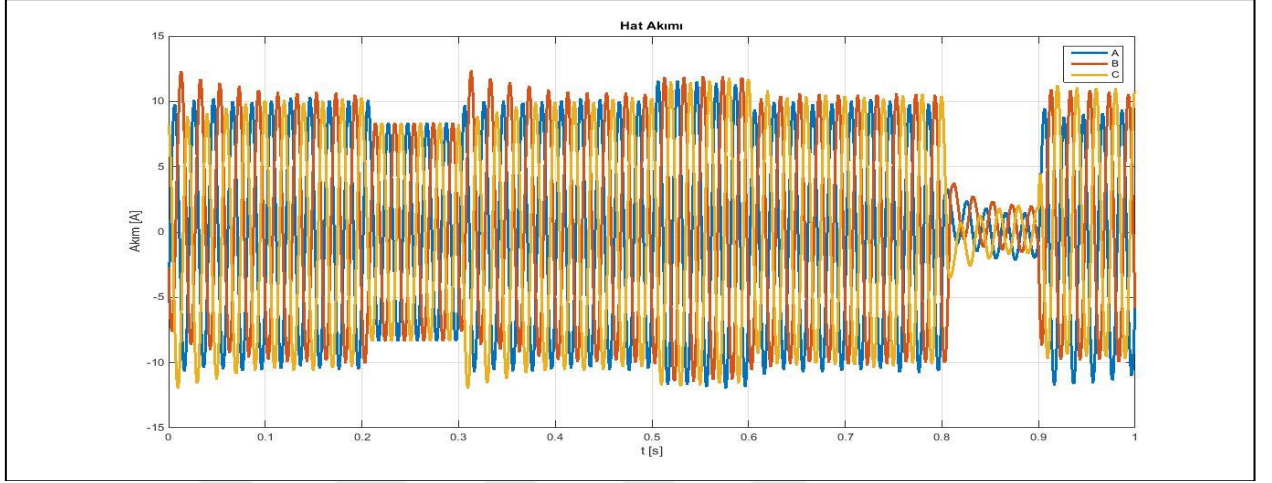


Şekil 5.11. FV’nin devre dışı kalması durumundaki yük gerilimi

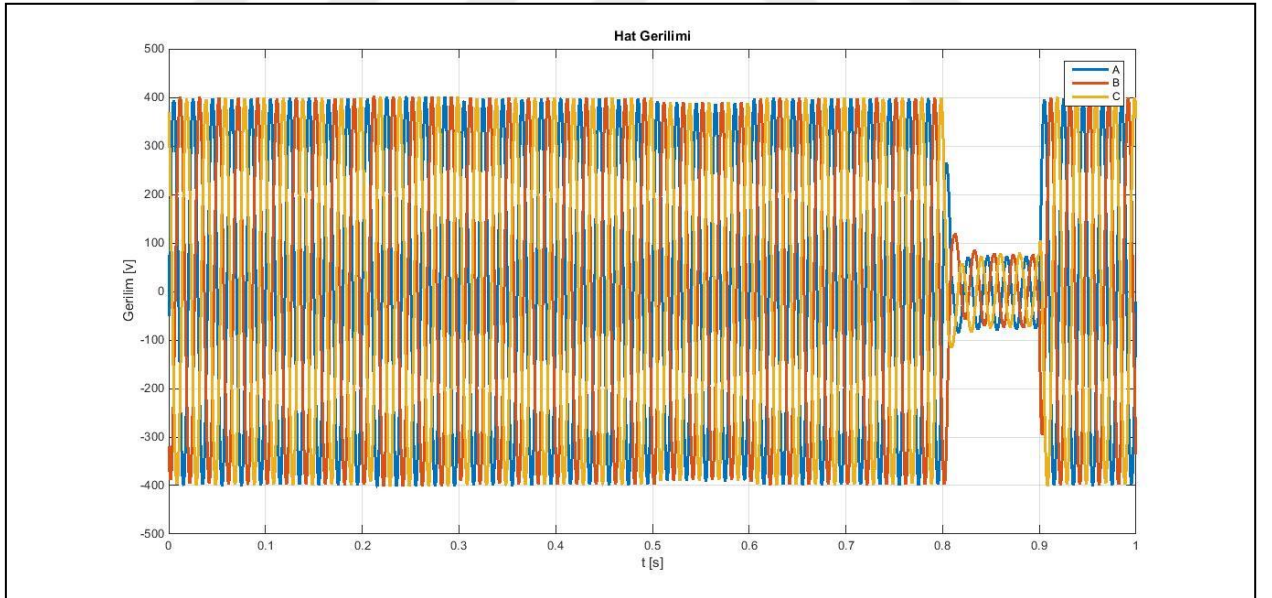
### 5.1.2. Rüzgâr Enerjisi Sisteminin Devre Dışı Kalması Durumu

Rüzgâr enerji sisteminin devre dışı kalması durumunda ölçüm noktalarındaki gerilim ve akım değerleri ölçüm blokları yardımı ile elde edilmiştir. Şekil 5.12’de hat akımı grafiği

verilmiştir. Rüzgar enerji sisteminin 0.5-0.6 saniyeleri arasında devreden çıkarılmış, bu esnada grafikten anlaşılacağı üzere hat akımı 10A'de 12A dolaylarına çıkmıştır. RES sistemin devre dışı kalması anı için şekil 5.13'de hat gerilimi grafiği incelendiğinde ise hat geriliminin seviyesinde çok küçük bir düşüş olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



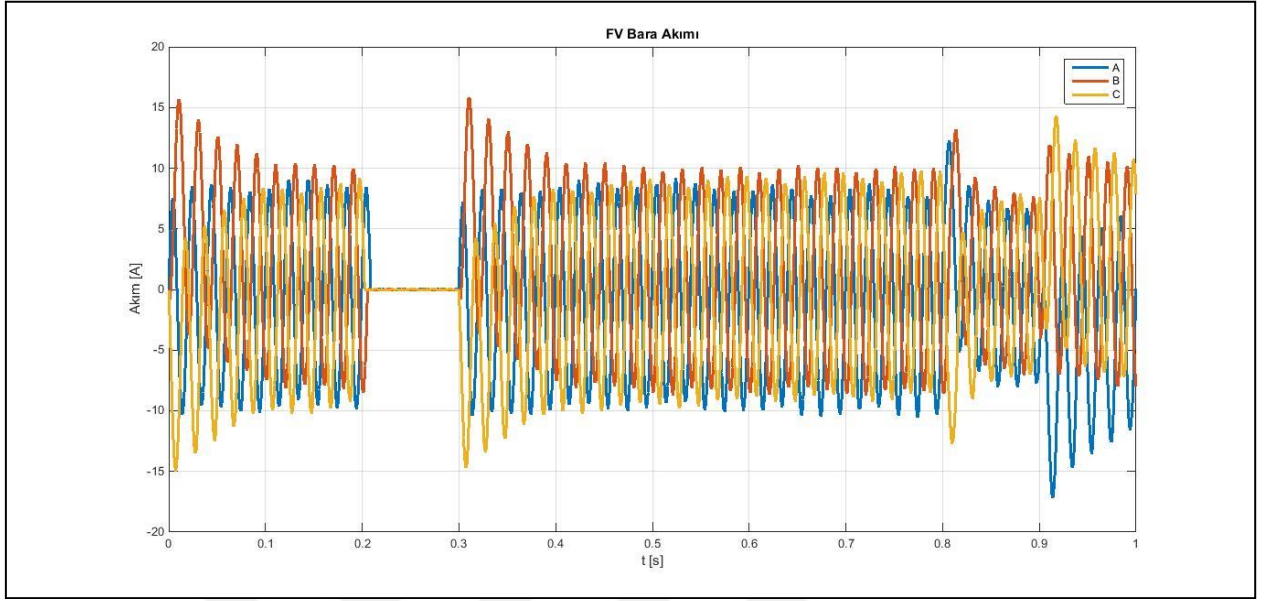
Şekil 5.12. RES'in devre dışı kalması durumundaki hat akımı



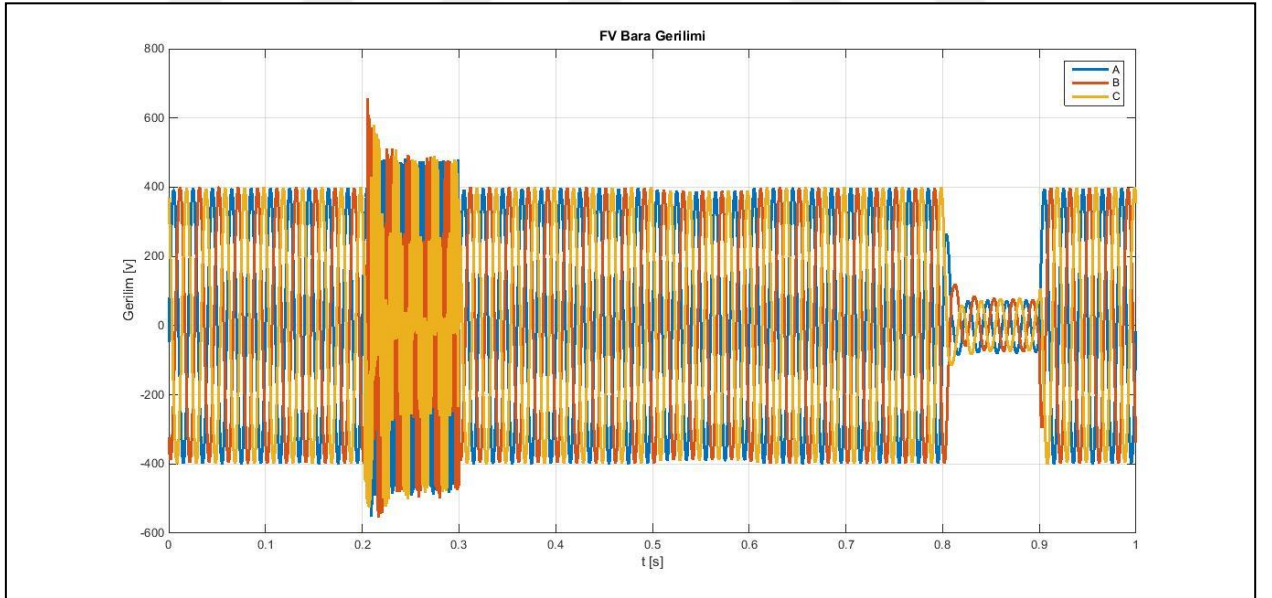
Şekil 5.13. RES'in devre dışı kalması durumundaki hat gerilimi

Şekil 5.14.'de FV akım grafiği verilmiştir. RES 0.5-0.6 saniyeleri arasında devreden çıkarılmış, bu esnada FV akımda bir değişiklik olmadığı görülmüştür. RES sistemin devre dışı

kalması anı için Şekil 5.15.'de FV gerilim grafiği incelendiğinde ise FV geriliminin seviyesinde çok küçük bir düşüş olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.14. RES'in devre dışı kalması durumundaki FV akımı

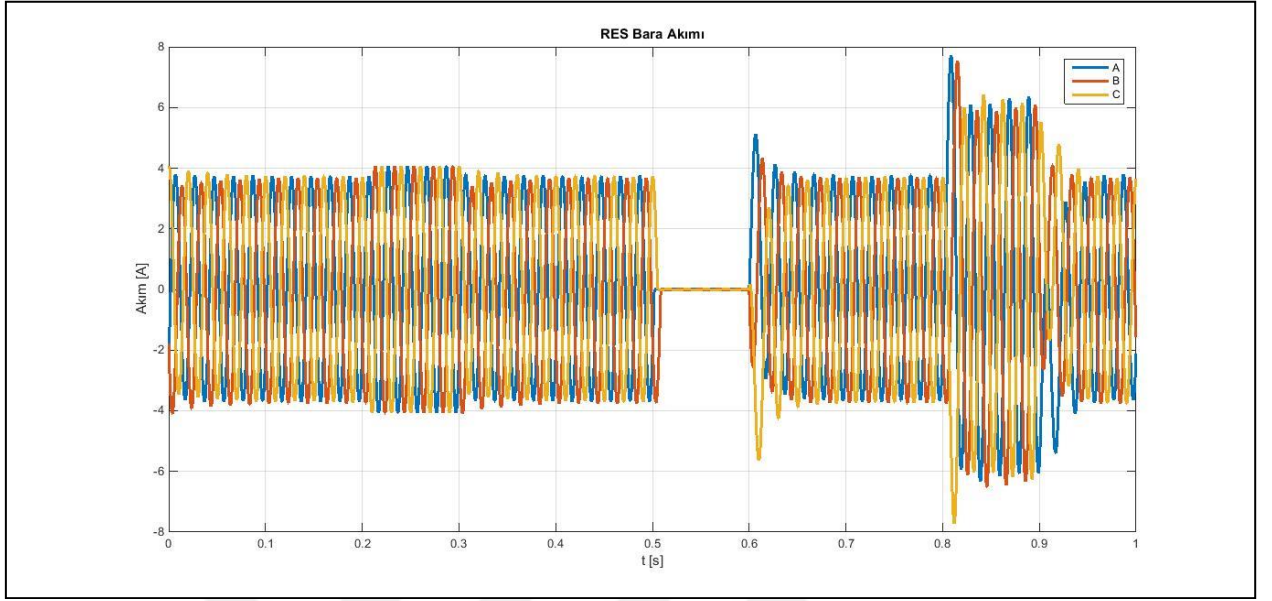


Şekil 5.15. RES'in devre dışı kalması durumundaki FV gerilimi

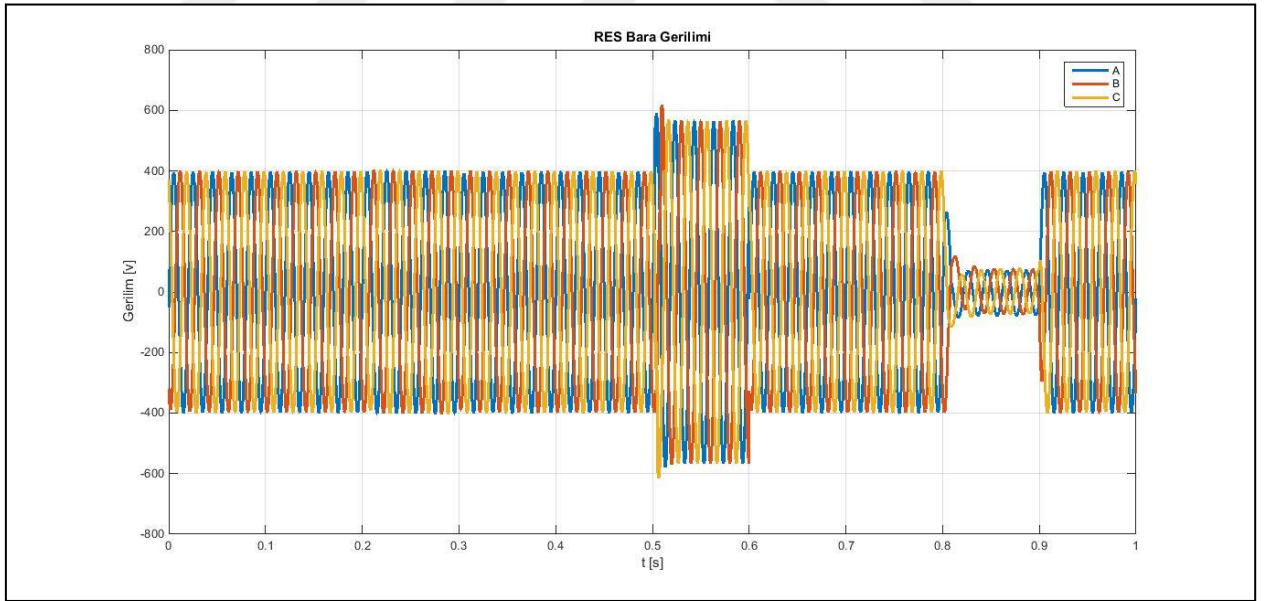
Şekil 5.16'da RES akımı grafiği verilmiştir. RES 0.5-0.6 saniyeleri arasında devreden çıkarılmış, bu esnada grafikten anlaşılacağı üzere RES'den akım çekilmemiştir. Ayrıca RES'in



devre dışı kalması anı için şekil 5.17’de RES gerilimi grafiği incelendiğinde ise RES geriliminin seviyesinin 550V seviyelerine çıktığı anlaşılmıştır.



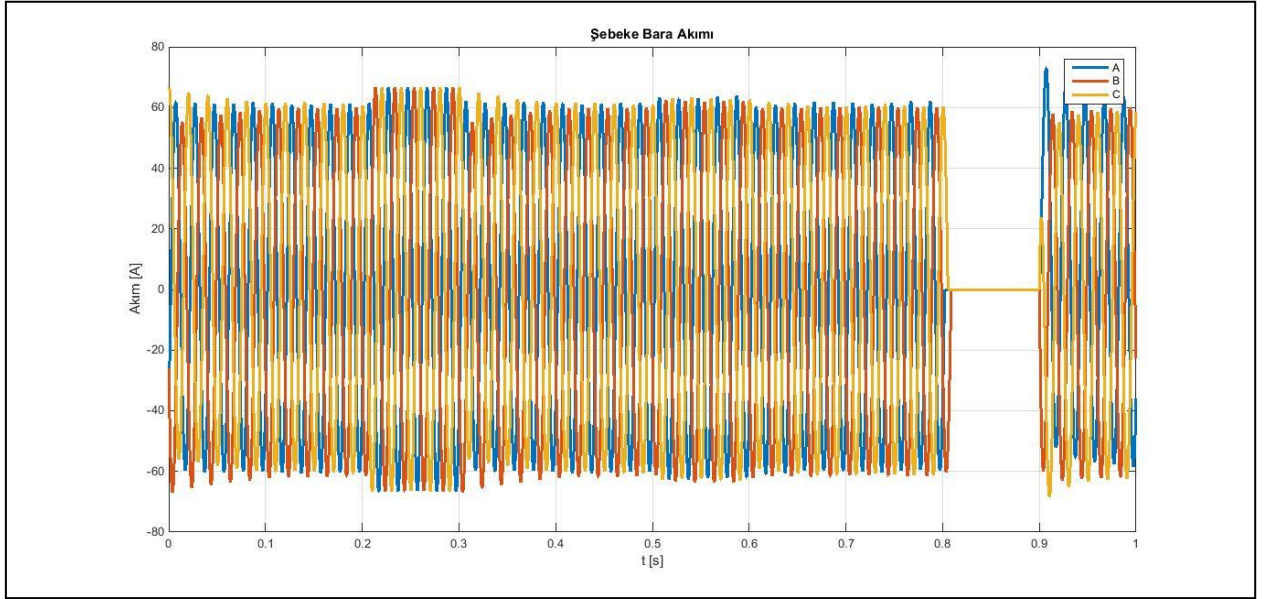
Şekil 5.16. RES’in devre dışı kalması durumundaki RES akımı



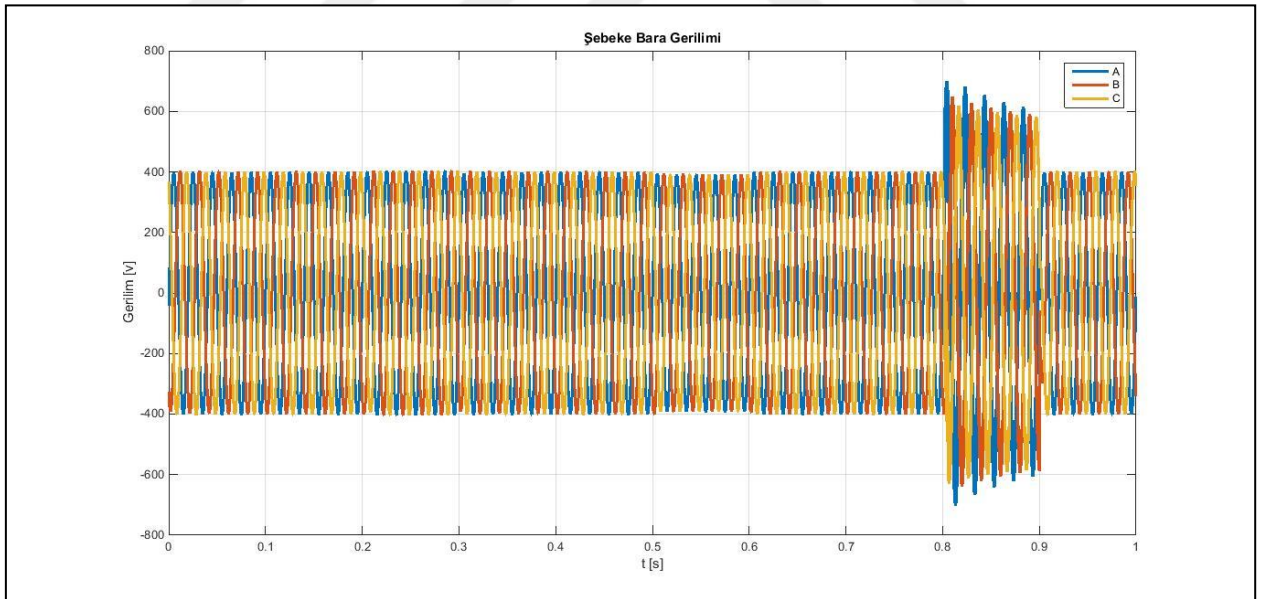
Şekil 5.17. RES’in devre dışı kalması durumundaki RES gerilimi

Şekil 5.18’de şebeke akımı grafiği verilmiştir. RES’in 0.5-0.6 saniyeleri arasında devreden çıkarıldığı esnada grafikten anlaşılacağı üzere şebeke akımı 60A’dan 63A seviyelerine

çıkıştır. RES'in devre dışı kalması anı için şekil 5.19'da şebeke gerilimi grafiği incelendiğinde ise şebeke geriliminin seviyesinde çok küçük bir düşüş olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5.18. RES'in devre dışı kalması durumundaki şebeke akımı

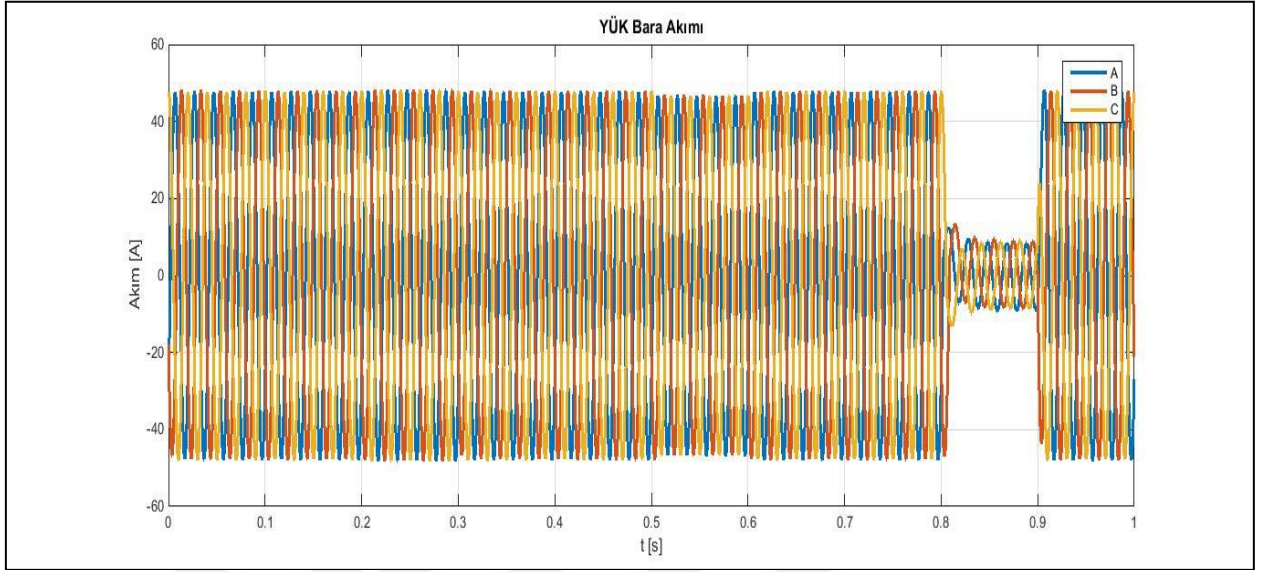


Şekil 5.19. RES'in devre dışı kalması durumundaki şebeke gerilimi

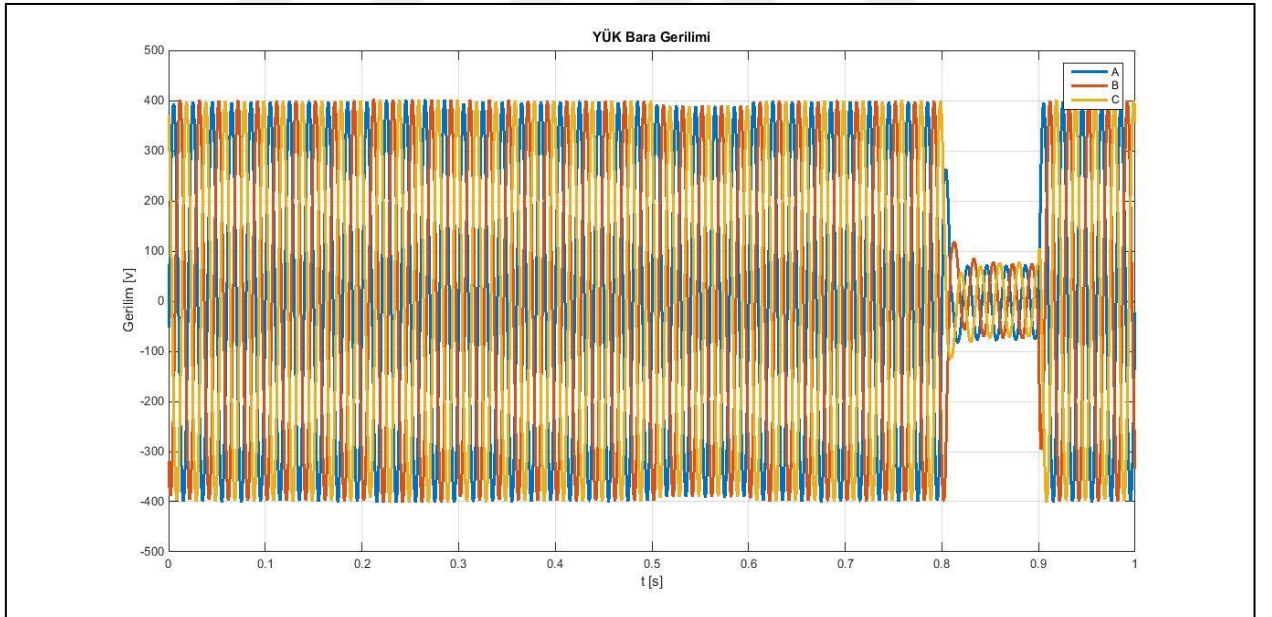
Şekil 5.20.'de yük akımı grafiği verilmiştir. RES'in 0.5-0.6 saniyeleri arasında devreden çıkarıldığı esnada grafikten anlaşılacağı üzere yük akımında çok bir değişiklik olamadığı



görülmüştür. RES sistemin devre dışı kalması anı için şekil 5.21.'de yük gerilimi grafiği incelendiğinde ise yük geriliminin seviyesinde çok küçük bir düşüş olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



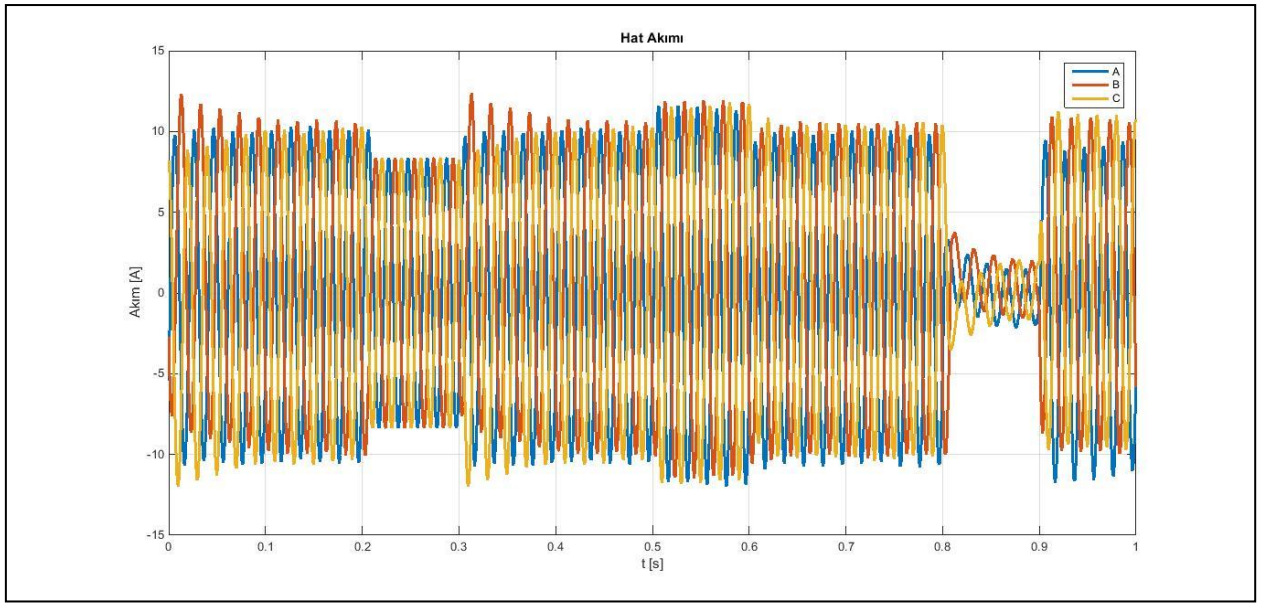
Şekil 5.20. RES'in devre dışı kalması durumundaki yük akımı



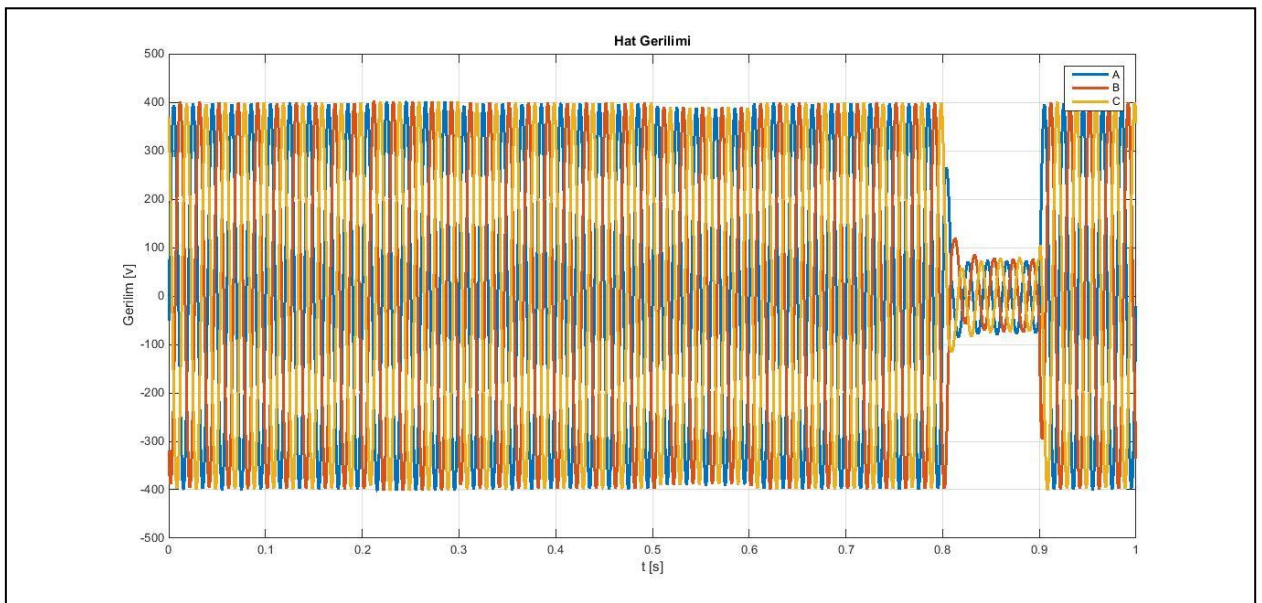
Şekil 5.21. RES'in devre dışı kalması durumundaki yük gerilimi

### 5.1.3. Şebekenin Devre Dışı Kalması Durumu

Şebekenin devre dışı kalması durumunda ölçüm noktalarındaki gerilim ve akım değerleri ölçüm blokları yardımı ile elde edilmiştir. Şekil 5.22’de hat akımı grafiği verilmiştir. Şebeke 0.8-0.9 saniyeleri arasında devreden çıkarılmış, bu esnada grafikten anlaşılacağı üzere hat akımı 10A’dan 2A dolaylarına düşmüştür. Şebekenin devre dışı kalması anı için şekil 5.23’de hat gerilimi grafiği incelendiğinde ise hat geriliminin 400V’dan 70V seviyesine düştüğü sonucuna ulaşılmıştır.

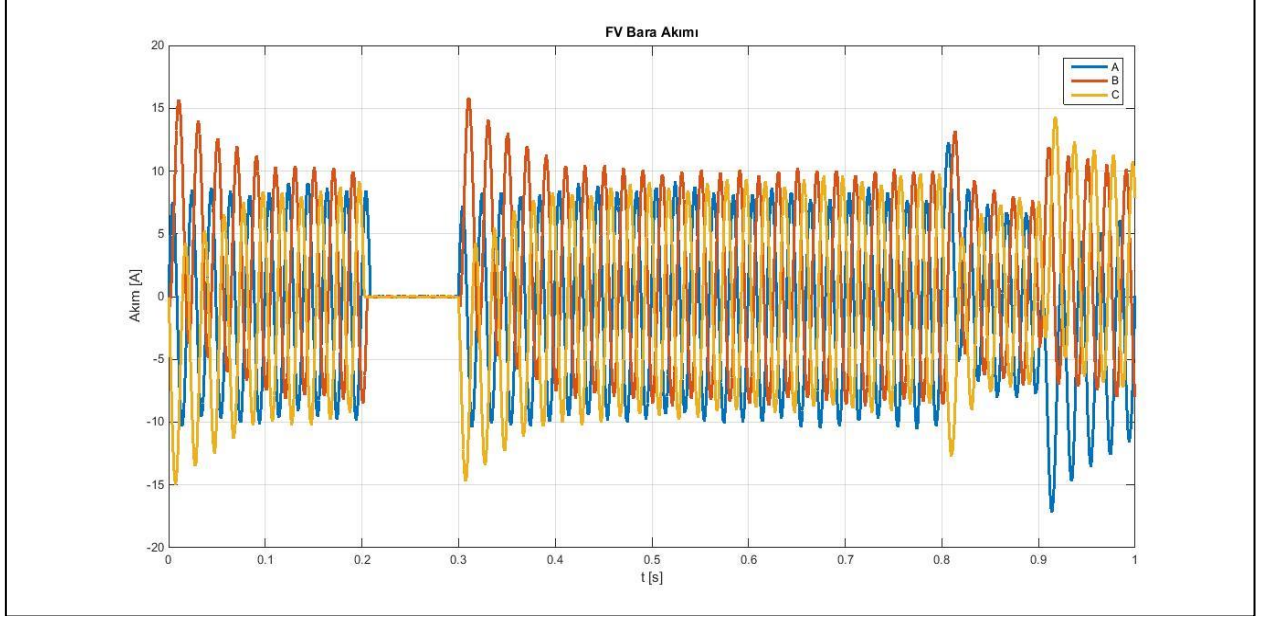


Şekil 5.22. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki hat akımı

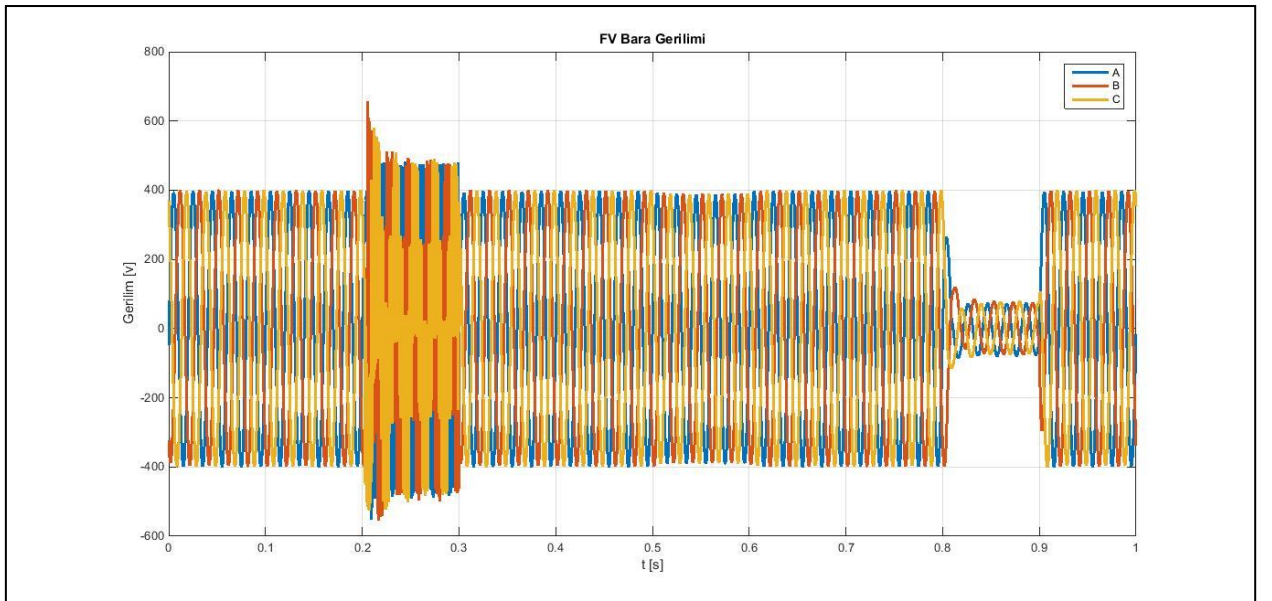


Şekil 5.23.Şebekenin devre dışı kalması durumundaki hat gerilimi

Şekil 5.24’de FV akım grafiği verilmiştir. Şebeke 0.8-0.9 saniyeleri arasında devreden çıkarılmış, bu esnada grafikten anlaşılacağı üzere FV akım ilk anda 10A’dan 13A seviyesine çıkmış daha sonra 6A seviyelerine düşmüştür. Şebekenin devre dışı kalması anı için Şekil 5.25’de FV gerilim grafiği incelendiğinde ise FV geriliminin 400V’dan 70V seviyesine düştüğü görülmüştür.



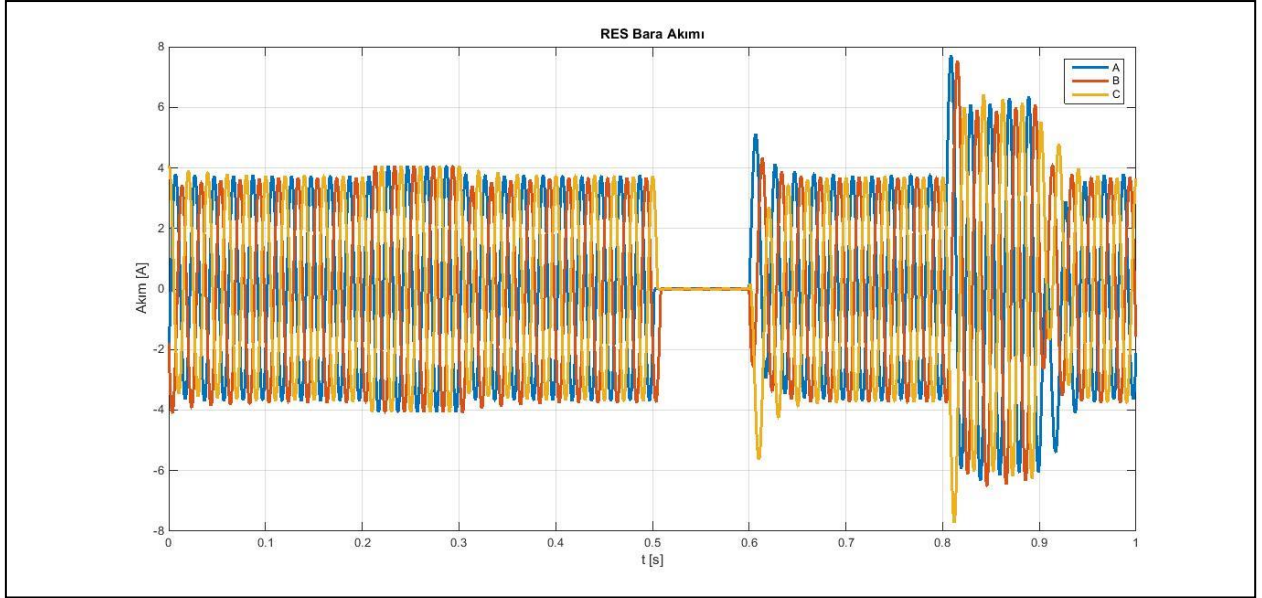
Şekil 5.24. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki FV akımı



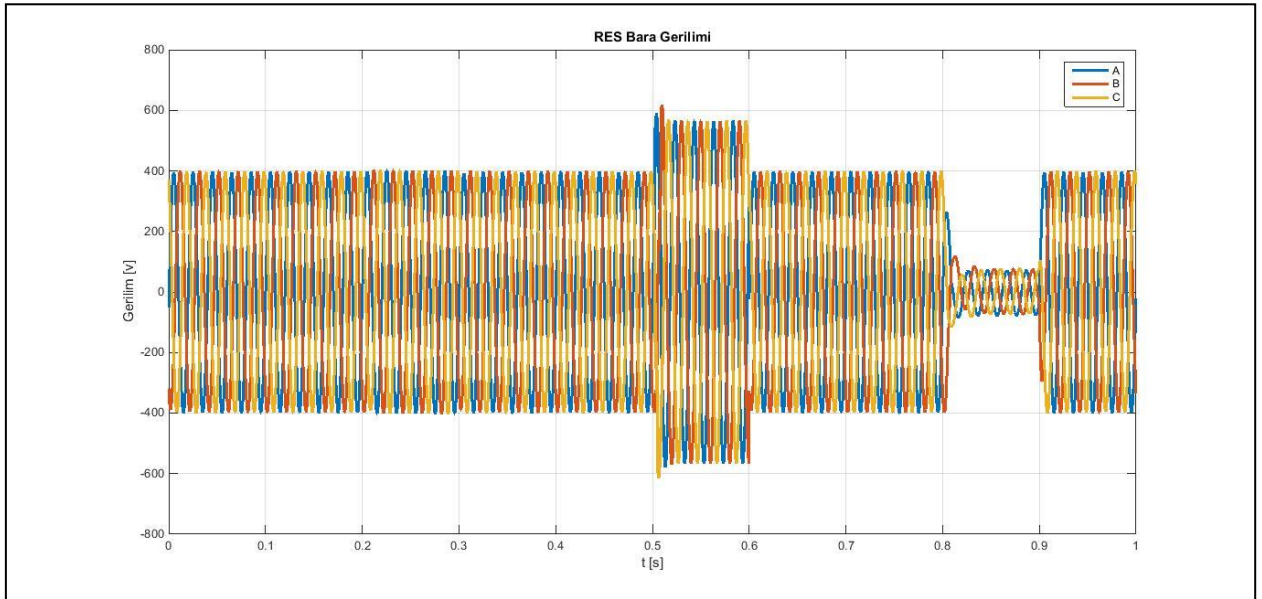
Şekil 5.25.Şebekenin devre dışı kalması durumundaki FV gerilimi



Şekil 5.26'da RES akımı grafiği verilmiştir. Şebeke 0.8-0.9 saniyeleri arasında devreden çıkarıldığı esnada grafikten anlaşılacağı üzere RES akımı ilk anda 3.5A'den 7A dolaylarına çıkmış daha sonra 6A seviyesinde stabil hale geçmiştir. Şebekenin devre dışı kalması anı için Şekil 5.27'de hat gerilimi grafiği incelendiğinde ise hat geriliminin 400V'dan 70V seviyesine düştüğü sonucuna ulaşılmıştır.

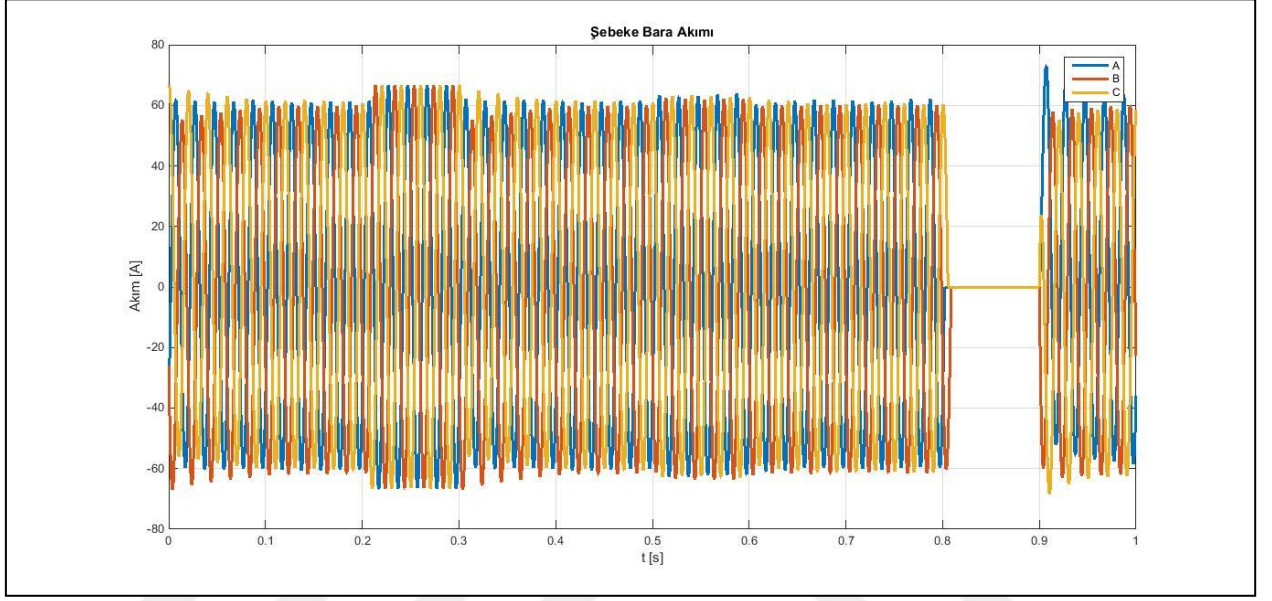


Şekil 5.26. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki RES akımı

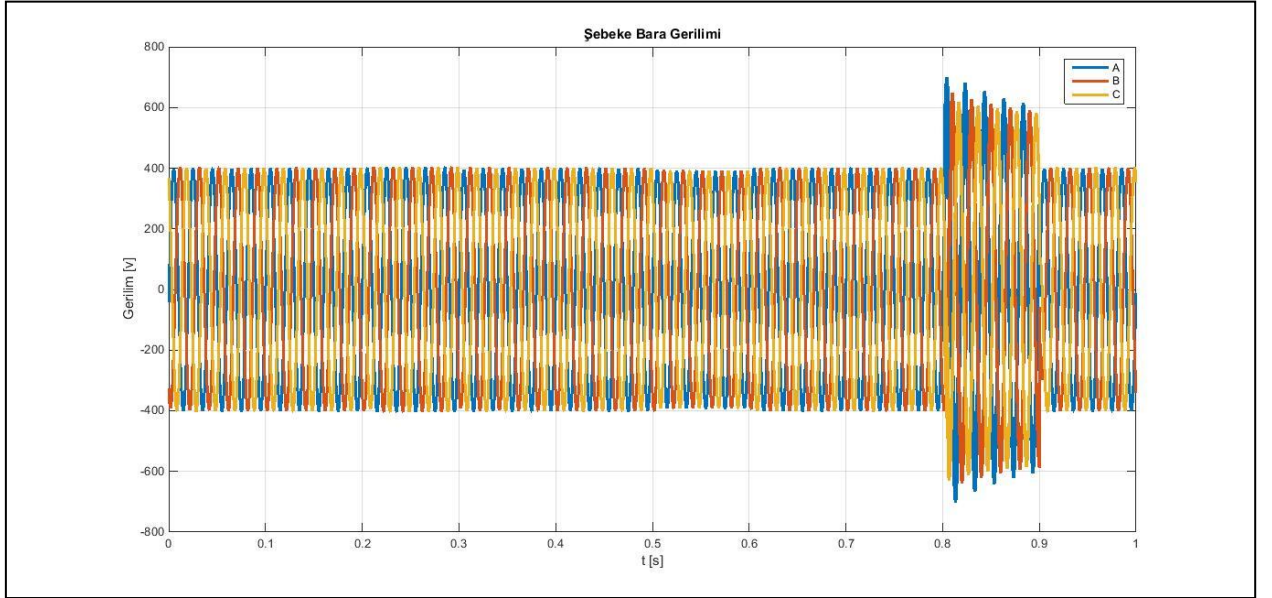


Şekil 5.27.Şebekenin devre dışı kalması durumundaki RES gerilimi

Şekil 5.28’de şebeke akımı grafiği verilmiştir. Şebeke 0.8-0.9 saniyeleri arasında devreden çıkarılmış, bu esnada grafikten anlaşılacağı üzere şebekeden akım çekilmemiştir. Şebekenin devre dışı kalması anı için Şekil 5.29’da hat gerilimi grafiği incelendiğinde ise hat geriliminin 400V’dan 700V seviyesine çıktığı sonucuna ulaşılmıştır.

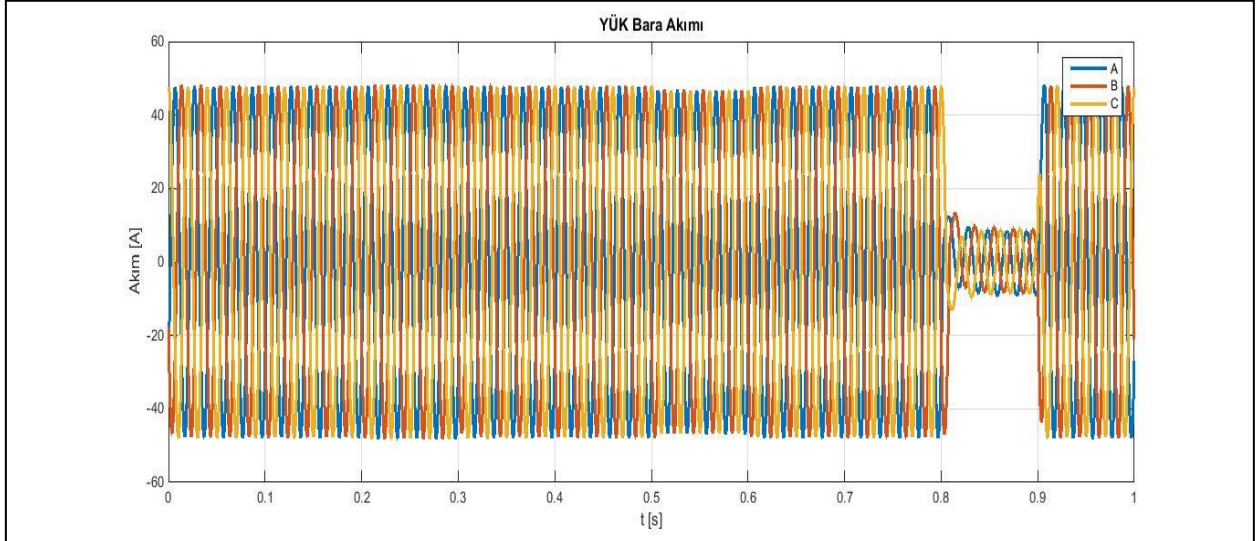


Şekil 5.28. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki şebeke akımı

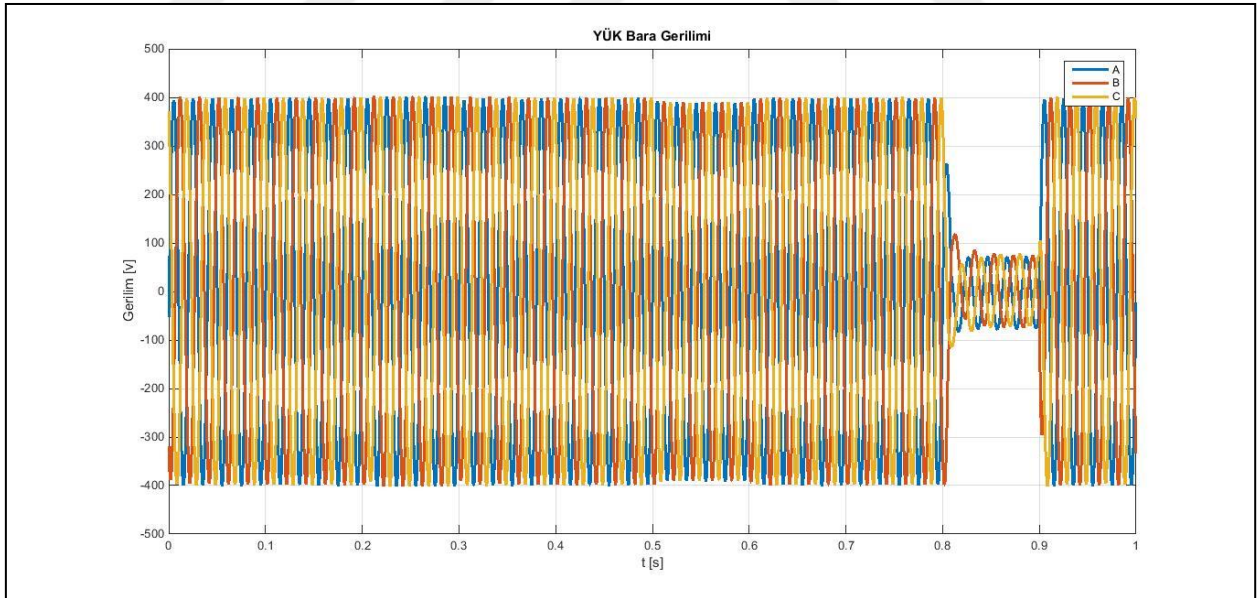


Şekil 5.29.Şebekenin devre dışı kalması durumundaki şebeke gerilimi

Şekil 5.30’da yük akımı grafiği verilmiştir. Şebeke 0.8-0.9 saniyeleri arasında devreden çıkarılmış, bu esnada grafikten anlaşılacağı üzere yük akımı 40A seviyesinden 5A seviyesine düşmüştür. Şebekenin devre dışı kalması anı için Şekil 5.31’de yük gerilimi grafiği incelendiğinde ise hat geriliminin 400V’den 70V seviyesine düştüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 5.30. Şebekenin devre dışı kalması durumundaki yük akımı



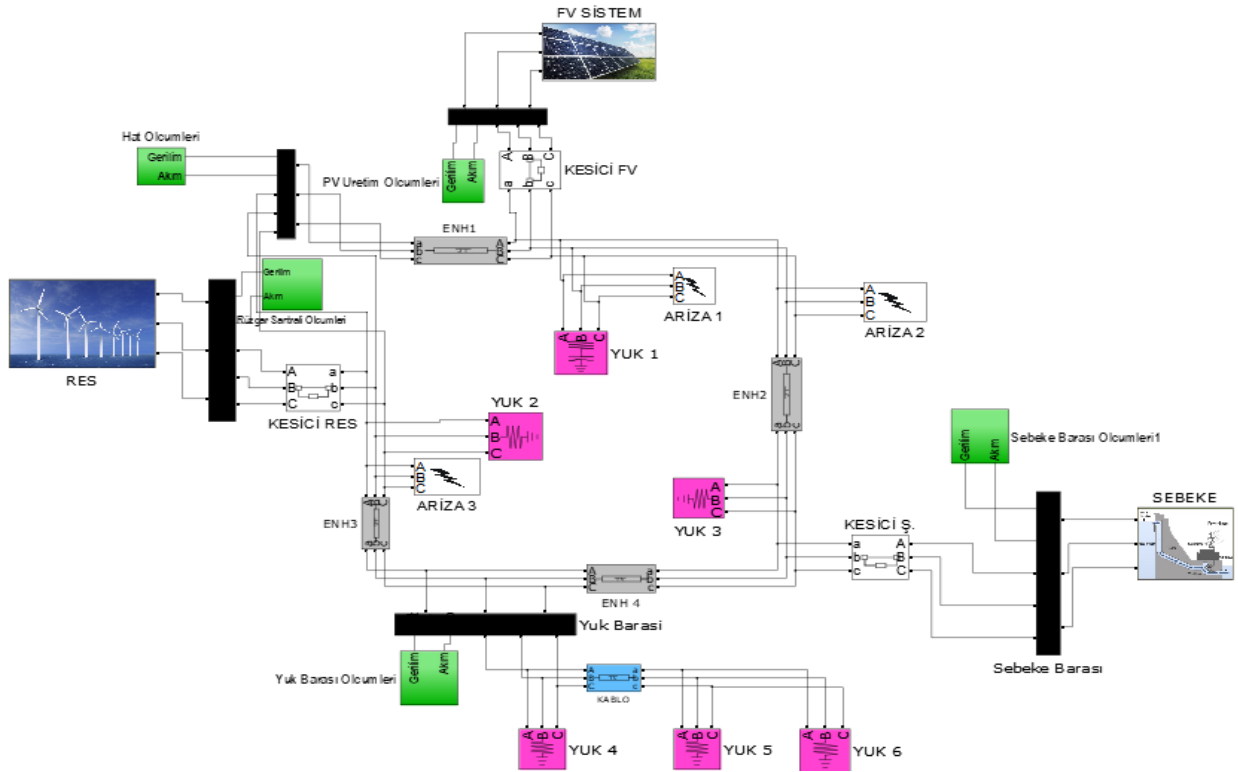
Şekil 5.31.Şebekenin devre dışı kalması durumundaki yük gerilimi

Grafiklerden de anlaşılacağı üzere yükün çektiği gücün büyük bir bölümünü karşılayan mikro şebeke elemanı olan şebekenin devren çıkması üzerine mikro şebeke sistemi kararsız hale

geçiyor ve sistem çöküyor. Dolayısıyla şebeke devreden çıkarıldığı anda büyük güçteki yükler de devreden bir kontrol ünitesi yardımı çıkarılırsa ve RES ve FV sistemin karşılayabileceği yükler devrede bırakılırsa kararsızlıklar ortadan kalkacak sistem kararlı bir halde çalışmaya devam edecektir. Çünkü RES ve FV sistem devreden çıktığında mikro şebekeye bağlı diğer kaynaklardan çekilen akım artmış fakat sistem kararlı bir şekilde çalışmaya devam etmiştir.

### 5.2. 3 Faz Kısa Devre Arızası

Mikro Şebekenin Şekil 5.32’de görülen noktalarına 3 Faz kısa devre arızası verilmiş olup elde edilen grafiklerden sistem davranışı incelenmiştir. 1 numaralı noktaya 0.2-0.3, 2 numaralı noktaya 0.5-0.6, 3 numaralı noktaya 0.8-0.9 saniyeleri arası arıza verilmiştir. Geçici durum analizleri için de mikro şebeke hattına, fotovoltaik sistem barasına, rüzgâr enerjisi sistemi barasına, şebeke barasına ve yük barasına ölçü noktaları bırakılmıştır. Bu ölçüm noktalarındaki akım ve gerilim değerlerinin geçici durumları incelenmiştir.



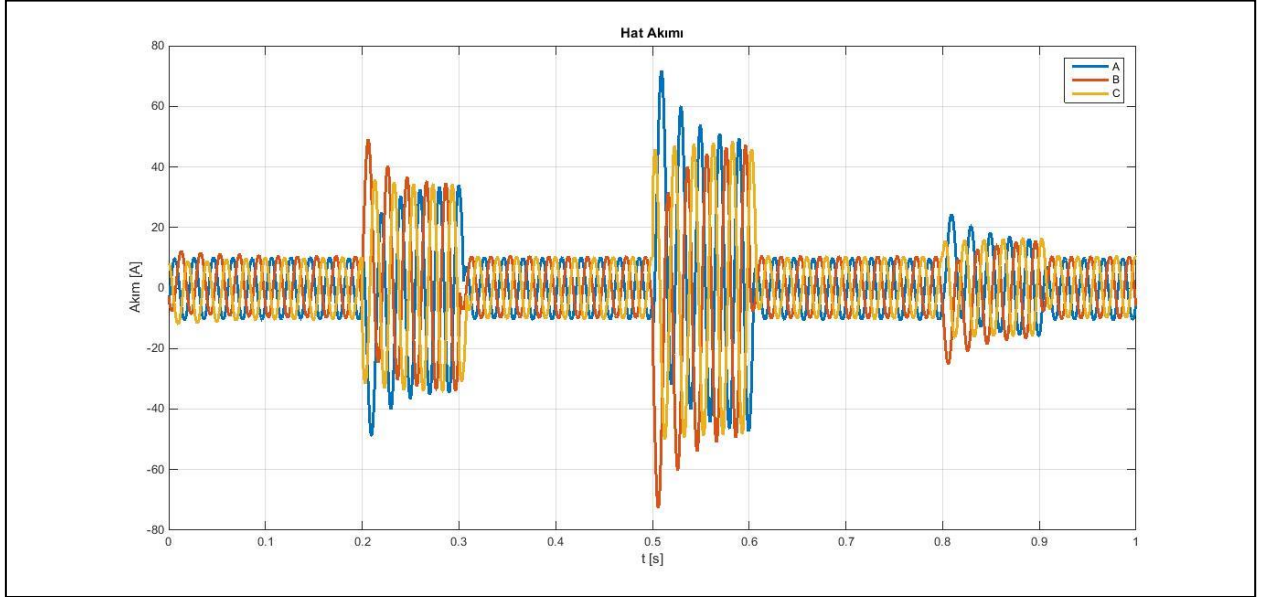
**Şekil 5.32.** 3 Faz kısa devre arızası verilen mikro şebeke modeli

Şekil 5.33’de Hat barasındaki ölçüm noktasında yapılan hat akımı grafiği gösterilmiştir. 1 numaralı noktada verilen arızada akımın 10A seviyesinden 50A seviyelerine çıktığı

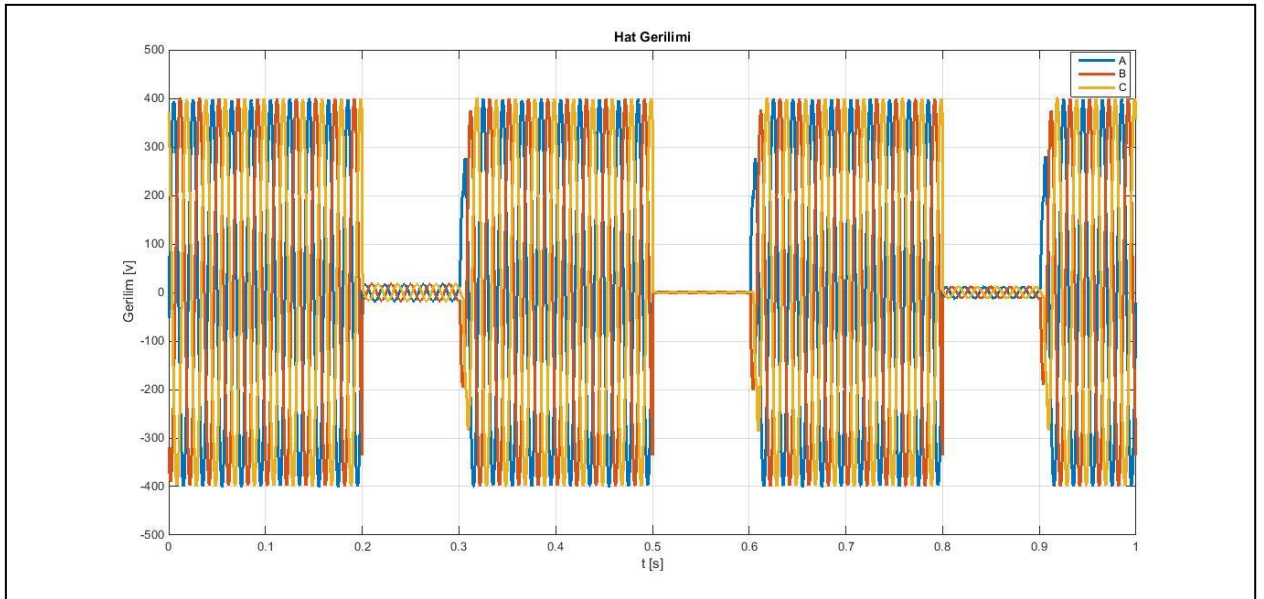


görülmektedir. 2 numaralı noktada verilen arızada arıza akımının 70A seviyesine çıktığı görülmektedir. 3 numaralı noktaya verilen arıza sırasında arıza akımı 25A seviyesine çıkmıştır.

Şekil 5.34'de Hat barasındaki ölçüm noktasında yapılan hat gerilimi grafiği gösterilmiştir. 1 numaralı noktada verilen arızada arıza geriliminin 10V seviyesine düştüğü görülmüştür. 2 numaralı noktada arıza gerilimi 0V seviyesine düşmüştür. 3 numaralı noktada arıza gerilimi 7V seviyesine düşmüştür.



Şekil 5.33. 3 Faz kısa devre arızası hat akımı

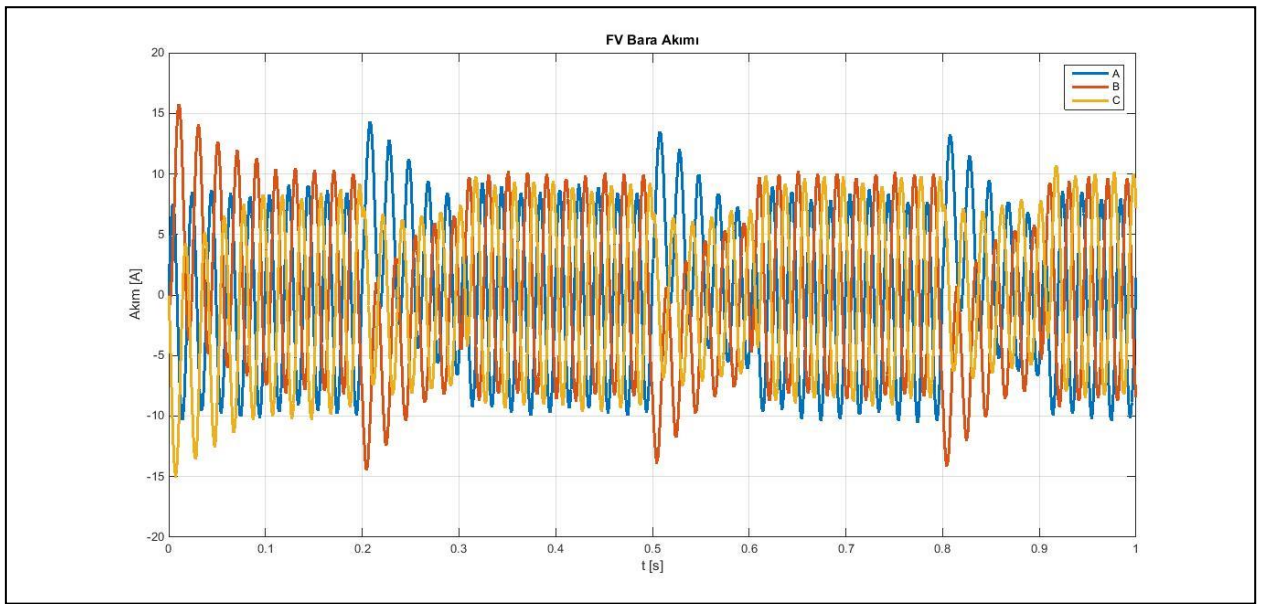


Şekil 5.34. 3 Faz kısa devre arızası hat gerilimi

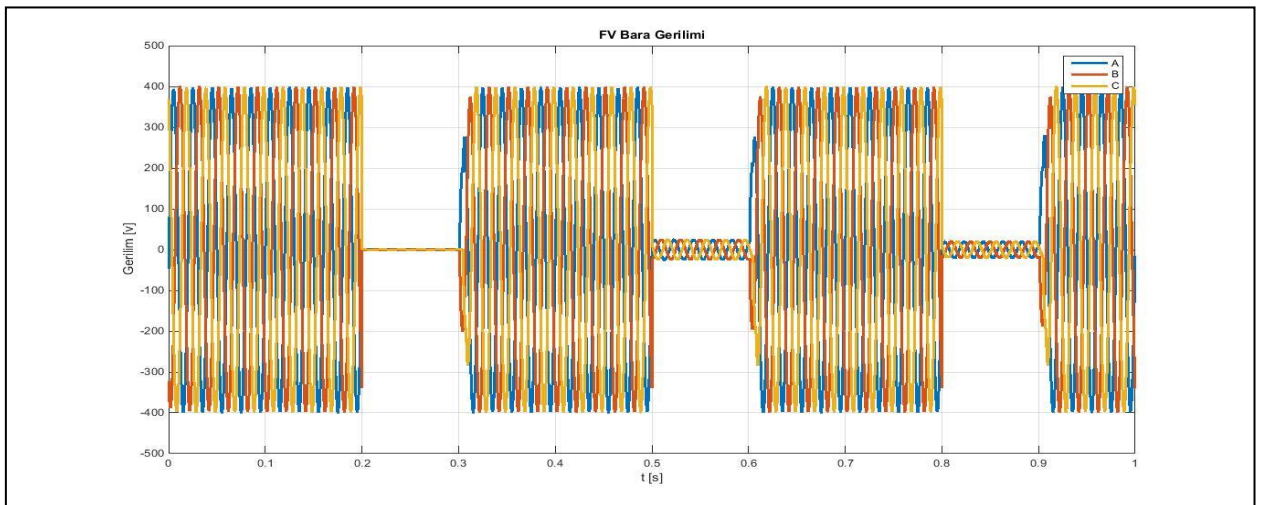


Şekil 5.35’de Fotovoltaik sistem barasındaki ölçüm noktasında yapılan Fotovoltaik sistem akımı grafiği gösterilmiştir. 1 numaralı noktalarda verilen arızada akımın 10A seviyesinden 14A seviyelerine çıktığı görülmektedir. 2 ve 3 numaralı noktaya verilen arızalarda benzer arıza akımları görülmüştür.

Şekil 5.36’da Fotovoltaik sistem barasındaki ölçüm noktasında yapılan Fotovoltaik sistem gerilimi grafiği gösterilmiştir. 1 numaralı noktada verilen arızada arıza geriliminin 0V seviyesine düştüğü görülmüştür. 2 numaralı noktada arıza gerilimi yaklaşık olarak 10V seviyesine düşmüştür. 5 numaralı noktadaki arızada ise arıza gerilimi 7V seviyesine düştüğü görülmüştür.



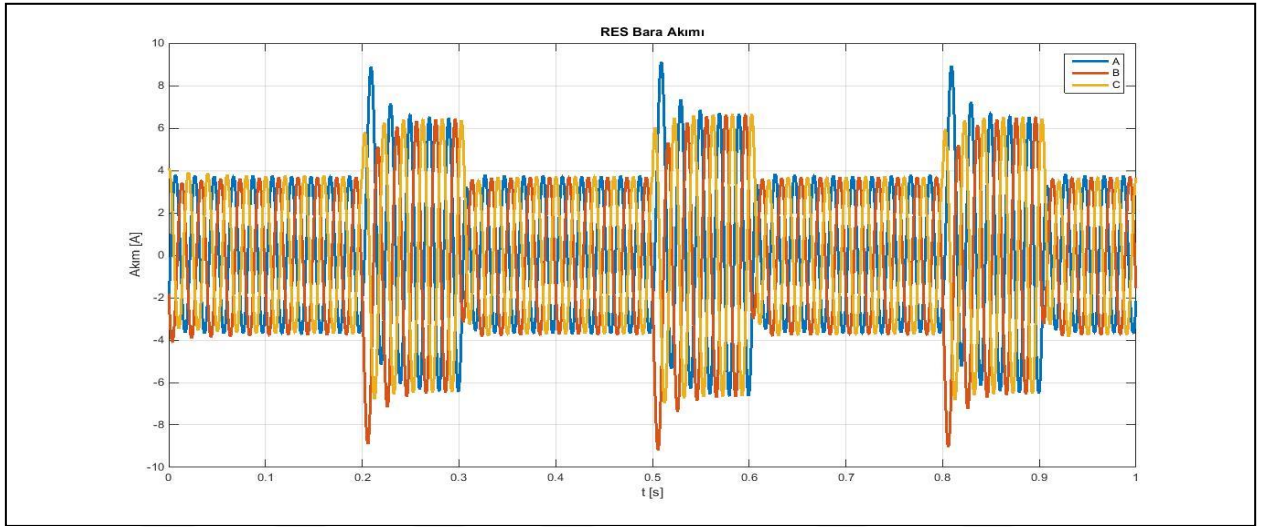
Şekil 5.35.3 Faz kısa devre arızası fotovoltaik akım



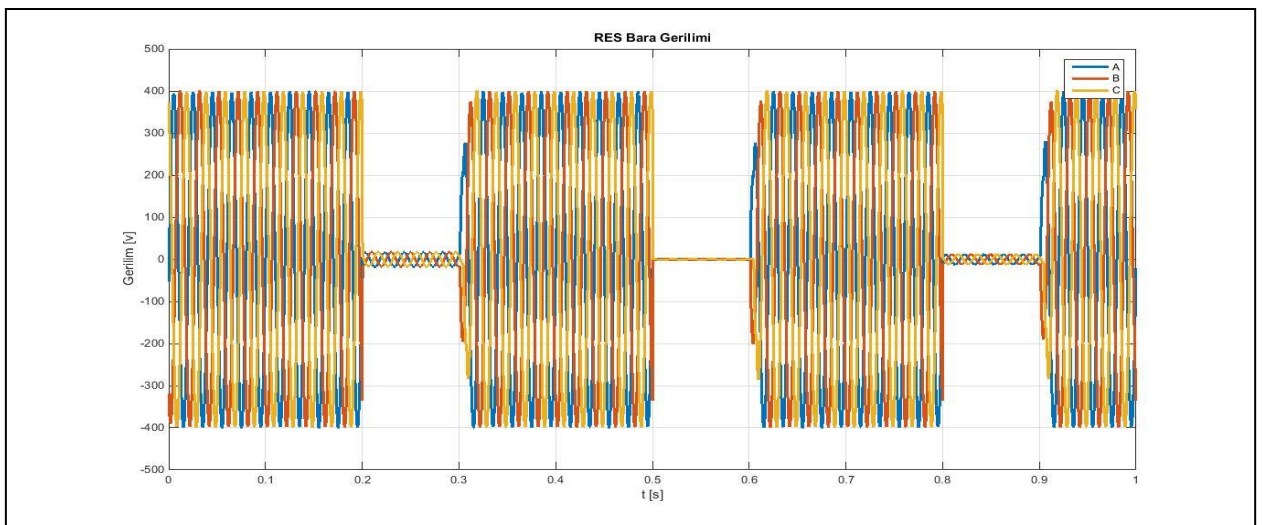
Şekil 5.36. 3 Faz kısa devre arızası fotovoltaik gerilim

Şekil 5.37'de RES barasındaki ölçüm noktasında yapılan RES akımı grafiği gösterilmiştir. 1, 2, ve 3 numaralı noktalarda verilen arızalarda benzer arıza akımları görülmektedir. Akımın 4A seviyesinden 9A seviyelerine çıktığı görülmektedir.

Şekil 5.38'de RES barasındaki ölçüm noktasında yapılan RES gerilimi grafiği gösterilmiştir. 1 numaralı noktada verilen arızada arıza geriliminin 10V seviyesine düştüğü görülmüştür. 2 numaralı noktalarda arıza gerilimi yaklaşık olarak 0V seviyesine düşmüştür. 3 numaralı noktalarda arıza gerilimi yaklaşık olarak 7V seviyesine düşmüştür.



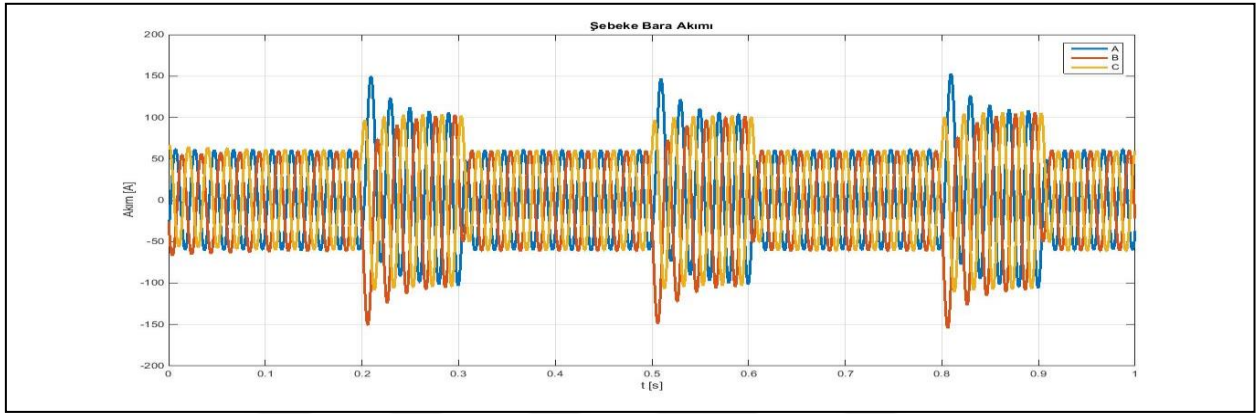
Şekil 5.37. 3 Faz kısa devre arızası RES akımı



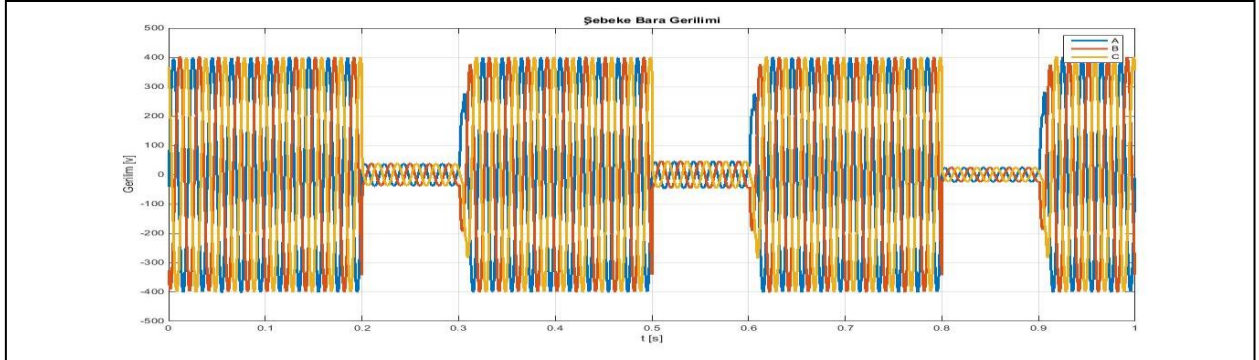
Şekil 5.38. 3 Faz kısa devre arızası RES gerilimi

Şekil 5.39'da Şebeke barasındaki ölçüm noktasında yapılan Şebeke akımı grafiği gösterilmiştir. 1, 2, ve 3 numaralı noktalarda verilen arızalarda Akımın 55A seviyesinden 150A seviyelerine çıktığı görülmektedir.

Şekil 5.40'da Şebeke barasındaki ölçüm noktasında yapılan Şebeke gerilimi grafiği gösterilmiştir. 1 numaralı noktada verilen arızada arıza geriliminin 20V seviyesine düştüğü görülmüştür. 2 numaralı noktalarda arıza gerilimi yaklaşık olarak 40V seviyesine düşmüştür. 3 numaralı noktalarda arıza gerilimi yaklaşık olarak 10V seviyesine düşmüştür.



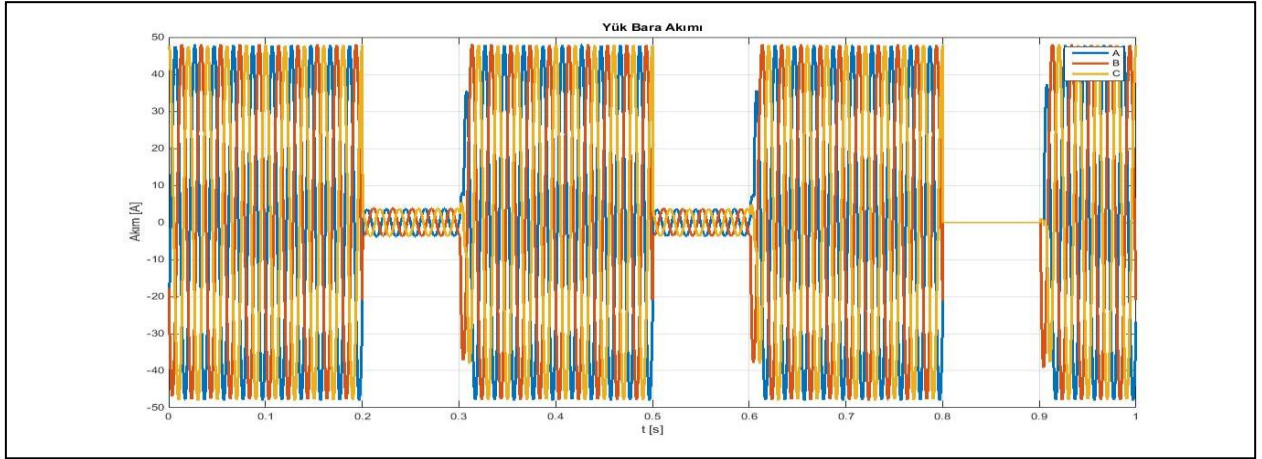
Şekil 5.39. 3 Faz kısa devre arızası şebeke akımı



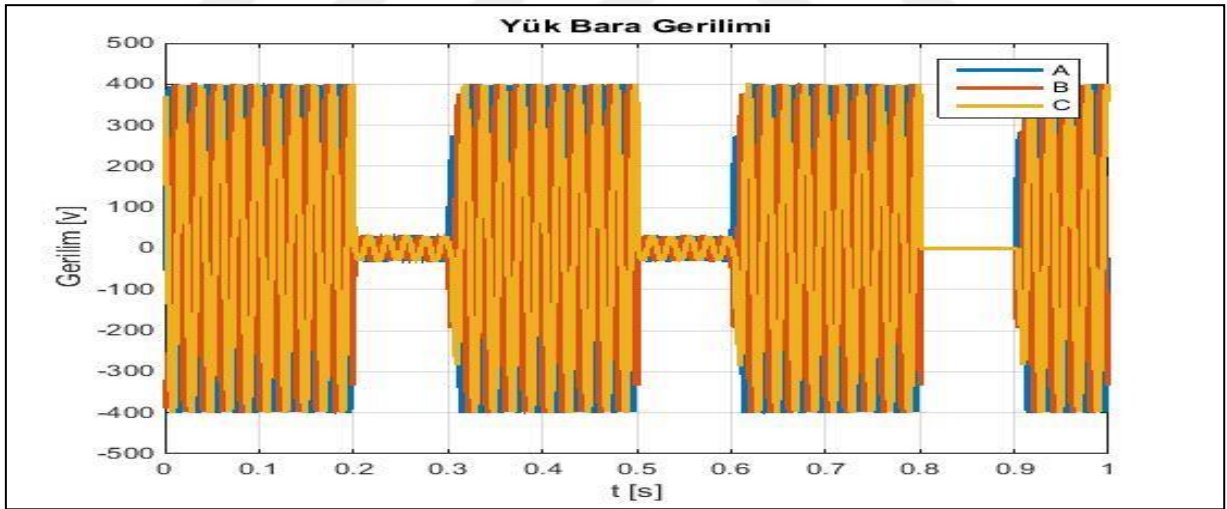
Şekil 5.40. 3 Faz kısa devre arızası şebeke gerilimi

Şekil 5.41'de yük barasındaki ölçüm noktasında yapılan ölçümde yük akımı grafiği gösterilmiştir. 1 ve 2 noktalarında verilen arızalarda benzer arıza akımları görülmüş olup 2A seviyesine kadar düştüğü görülmektedir. 3 numaralı noktada verilen arızada arıza akımınının 0A seviyesine düştüğü görülmüştür.

Şekil 5.42’de yük barasındaki ölçüm noktasında yapılan ölçümde yük gerilimi grafiği gösterilmiştir. 1 ve 2 numaralı noktalarda verilen arızada arıza geriliminin 10V seviyesine düştüğü görülmüştür. 3 numaralı noktalarda arıza gerilimi yaklaşık olacak 0V seviyesine düşmüştür.



Şekil 5.41.3 Faz kısa devre arızası yük akımı

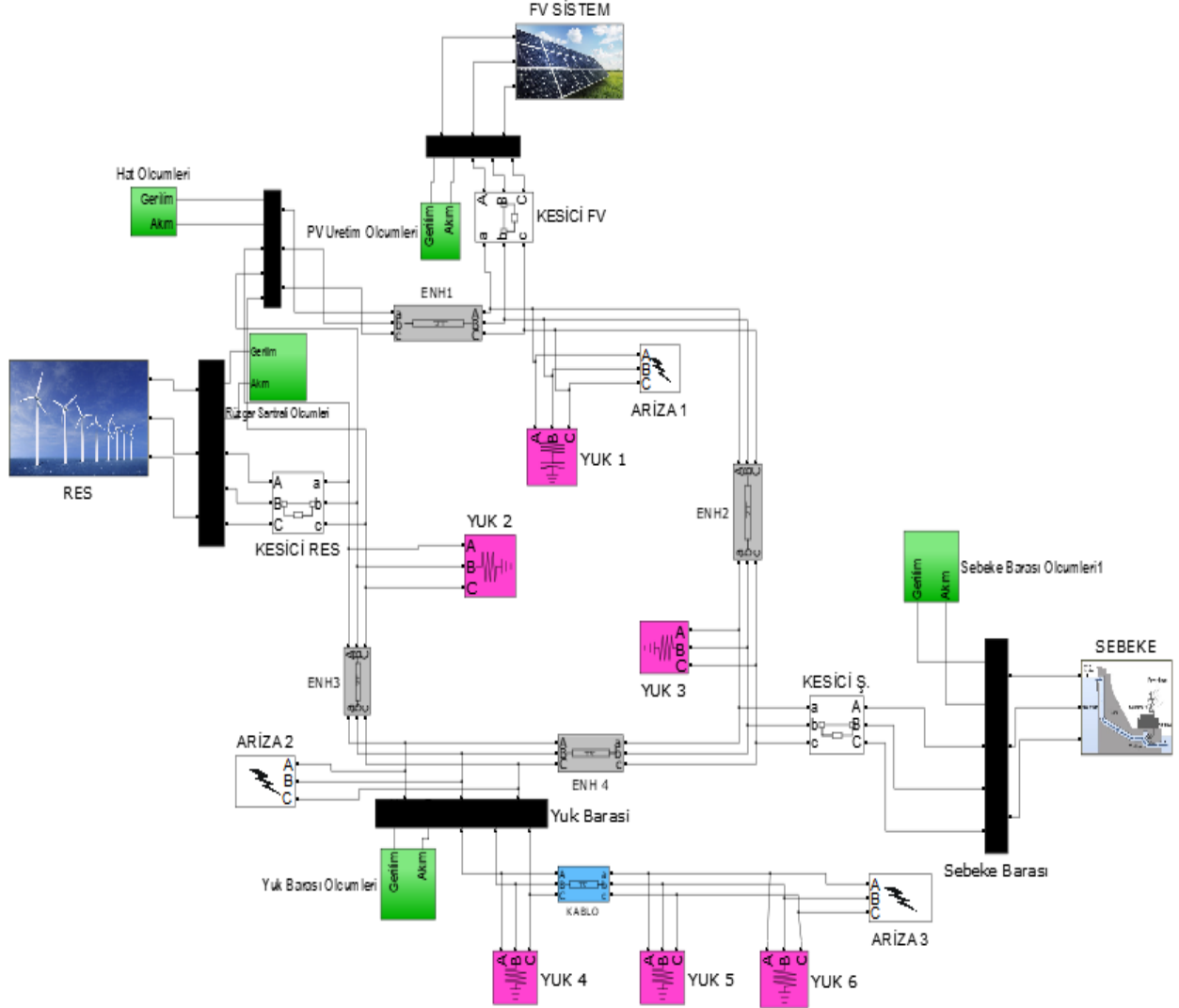


Şekil 5.42. 3 Faz kısa devre arızası yük gerilimi

### 5.3.Faz Toprak Kısa Devre Arızası

Mikro Şebekenin Şekil 5.43’de görülen noktalarına Faz toprak kısa devre arızası verilmiş olup elde edilen grafiklerden sistem davranışı incelenmiştir. 1 numaralı noktaya 0.2-0.3, 2 numaralı noktaya 0.5-0.6, 3 numaralı noktaya 0.8-0.9 saniyeleri arası arıza verilmiştir. Geçici

durum analizleri için de Mikro Şebeke hattına, Fotovoltaik sistem barasına, Rüzgâr enerjisi sistemi barasına, Şebeke barasına ve yük barasına ölçüm baraları bağlanmıştır. Bu ölçüm noktalarındaki akım ve gerilim değerlerinin geçici durumları incelenmiştir.

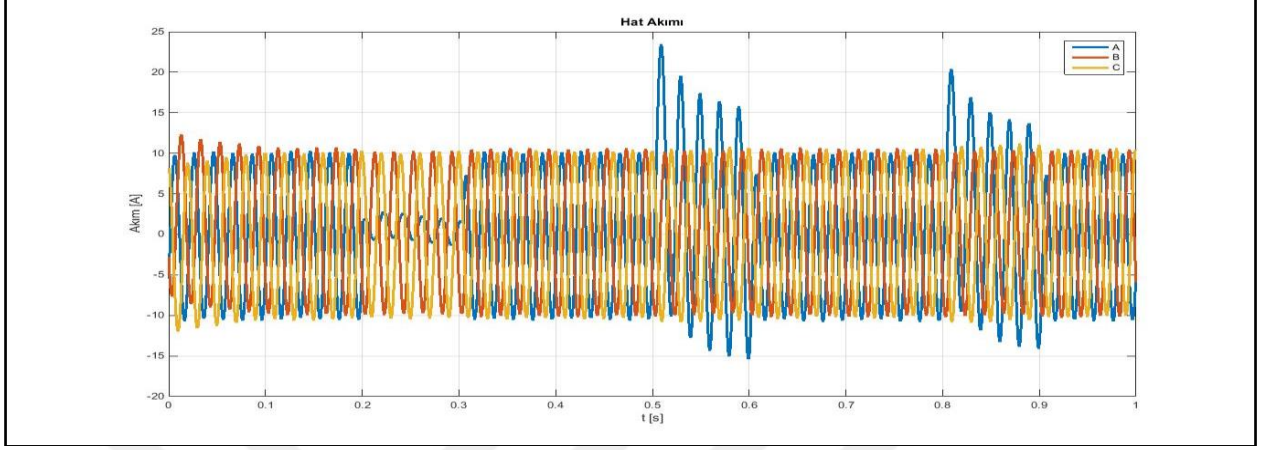


**Şekil 5.43.** Faz toprak kısa devre arızası verilen mikro şebeke modeli

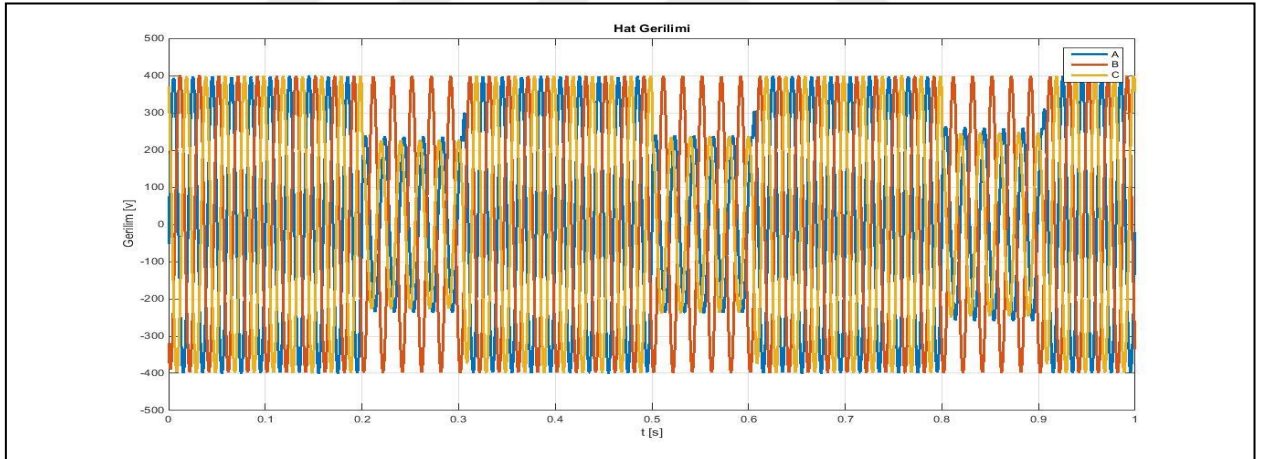
Şekil 5.44’de Hat barasındaki ölçüm noktasında yapılan ölçümün Hat akımı grafiği gösterilmiştir. 1 numaralı noktada verilen arızada faz akımının 10A seviyesinden 2A seviyelerine düştüğü görülmektedir. 2 numaralı noktada verilen arızada faz arıza akımınının 24A seviyesine çıktığı görülmektedir. 3 numaralı noktaya verilen arızada faz arıza akımı 20A seviyesine çıkmıştır.



Şekil 5.45'de Hat barasındaki ölçüm noktasında yapılan Hat gerilimi grafiği gösterilmiştir. 1, 2 ve 3 numaralı noktalarda verilen arızada faz arıza geriliminin 250V seviyesine düştüğü görülmüştür.



Şekil 5.44. Faz-Toprak arızası hat akımı

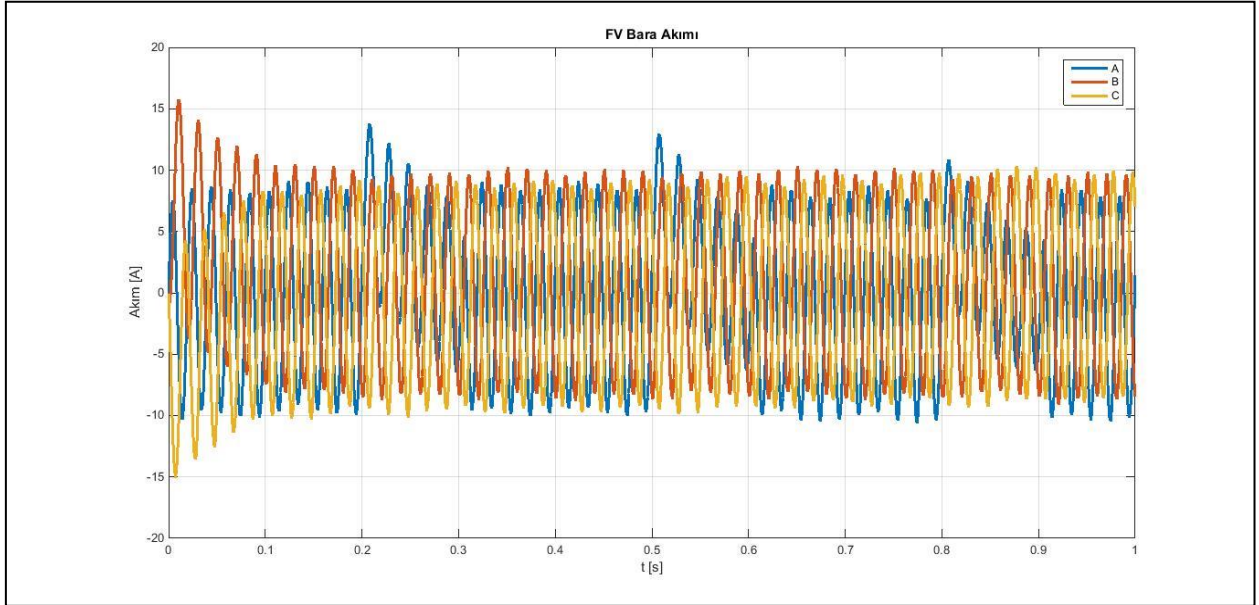


Şekil 5.45. Faz-Toprak arızası hat gerilimi

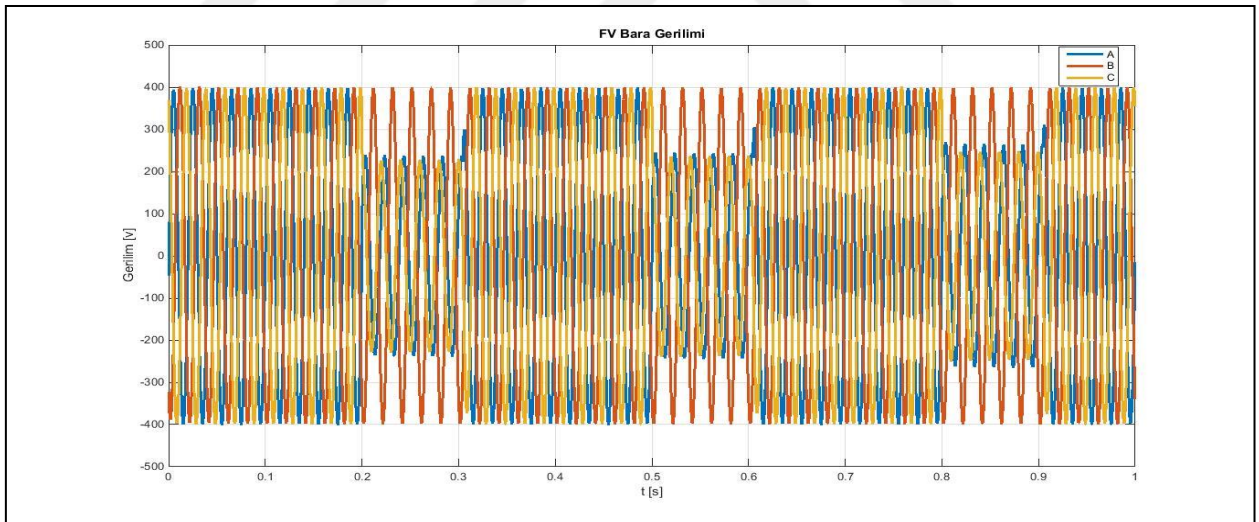
Şekil 5.46'da fotovoltaik sistem barasındaki ölçüm noktasında yapılan ölçümün fotovoltaik sistem akımı grafiği gösterilmiştir. 1 ve 2 numaralı noktalarda verilen arızalarda benzer arıza akımları görülmektedir. Faz akımının 10A seviyesinden 14A seviyelerine çıktığı görülmektedir. 3 numaralı noktada verilen arızada faz arıza akımının 11A seviyesine çıktığı görülmektedir.

Şekil 5.47'de fotovoltaik sistem barasındaki ölçüm noktasında yapılan fotovoltaik sistem gerilimi ölçümü grafiği gösterilmiştir. 1 ve 2 numaralı noktalarda verilen arızada faz arıza

geriliminin 220V seviyesine düştüğü görülmüştür. 3 numaralı noktada verilen arızada faz arıza geriliminin 230V seviyesine düştüğü görülmüştür.



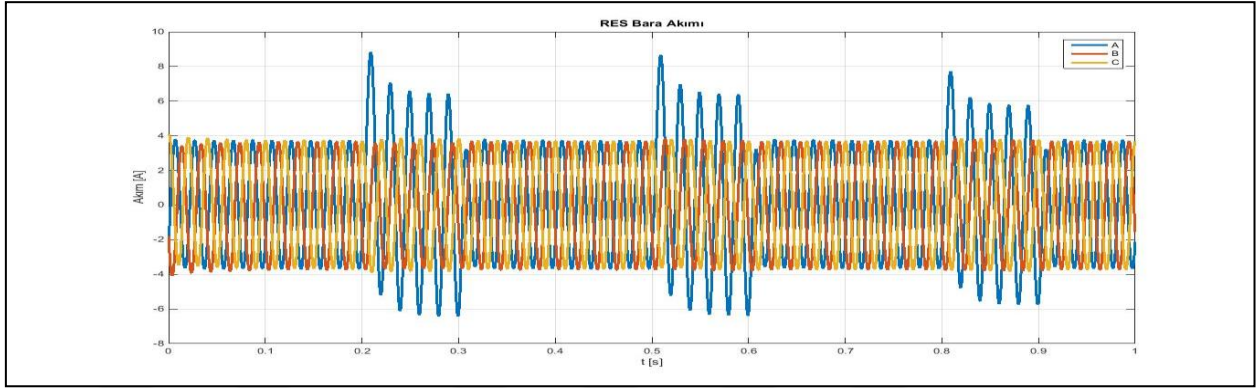
Şekil 5.46. Faz-Toprak arızası FV akım



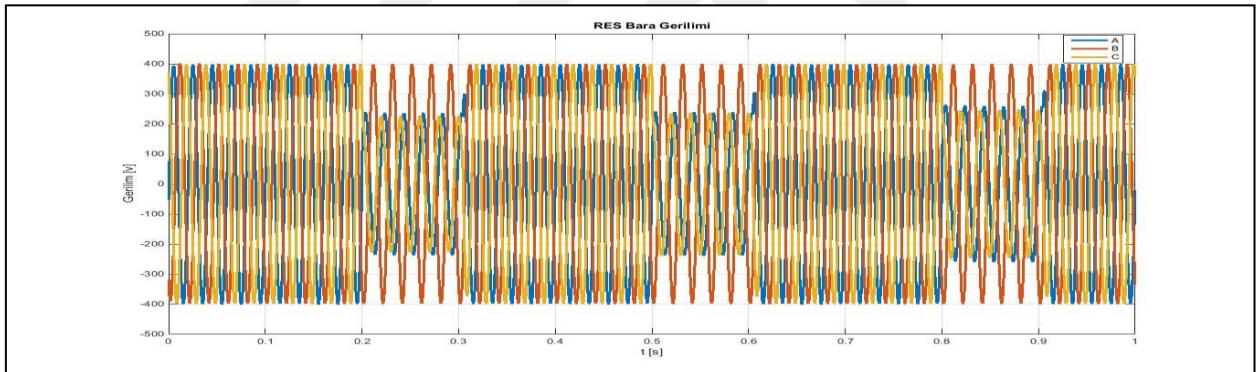
Şekil 5.47. Faz-Toprak arızası FV gerilim

Şekil 5.48'de RES barasındaki ölçüm noktasında yapılan ölçümün RES akımı grafiği gösterilmiştir. 1 ve 2 numaralı noktalarda verilen arızalarda benzer arıza akımları görülmektedir. Faz akımının 3.9A seviyesinden 9A seviyelerine çıktığı görülmektedir. 3 numaralı noktada verilen arızada faz arıza akımının 6.8A seviyesine çıktığı görülmektedir.

Şekil 5.49’da RES barasındaki ölçüm noktasında yapılan RES gerilimi ölçümü grafiği gösterilmiştir. 1 ve 2 numaralı noktalarda verilen arızada faz arıza geriliminin 220V seviyesine düştüğü görülmüştür. 3 numaralı noktalarda verilen arızada faz arıza geriliminin 230V seviyesine düştüğü görülmüştür.



Şekil 5.48. Faz-Toprak arızası RES akımı



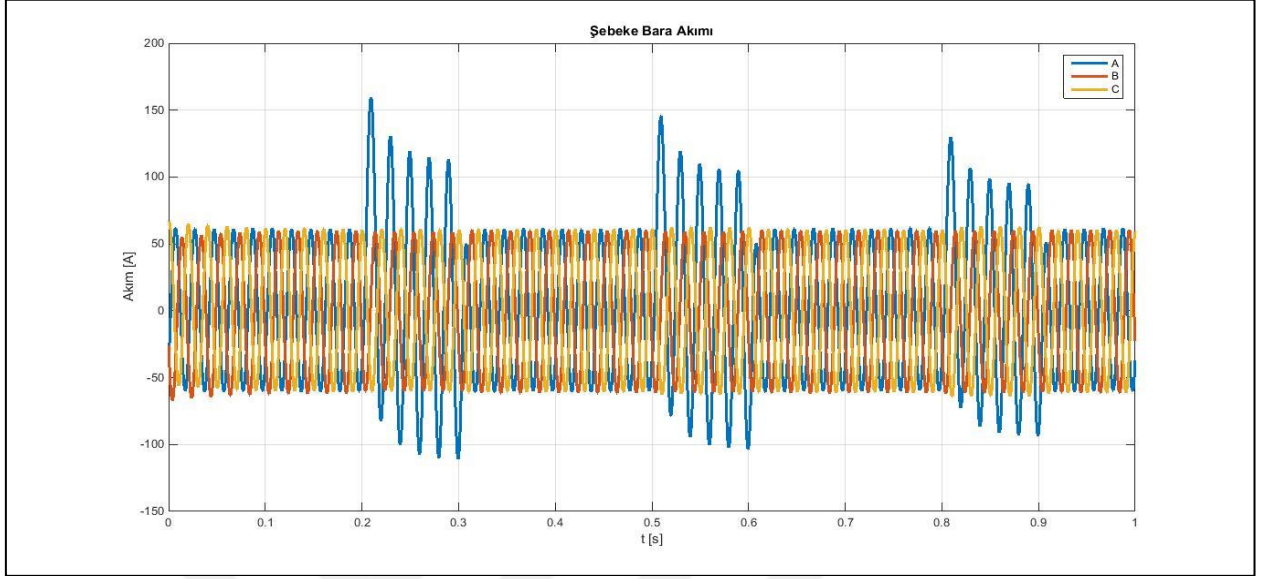
Şekil 5.49. Faz-Toprak arızası RES gerilimi

Şekil 5.50’de şebeke barasındaki ölçüm noktasında yapılan ölçümün şebeke akımı grafiği gösterilmiştir. 1 numaralı noktalarda verilen arızada faz akımının 55A seviyesinden 155A seviyelerine çıktığı görülmektedir. 2 numaralı noktada verilen arızada faz arıza akımının 145A seviyesine çıktığı görülmektedir. 3 numaralı noktada verilen arızada faz arıza akımının 130A seviyesine çıktığı görülmektedir.

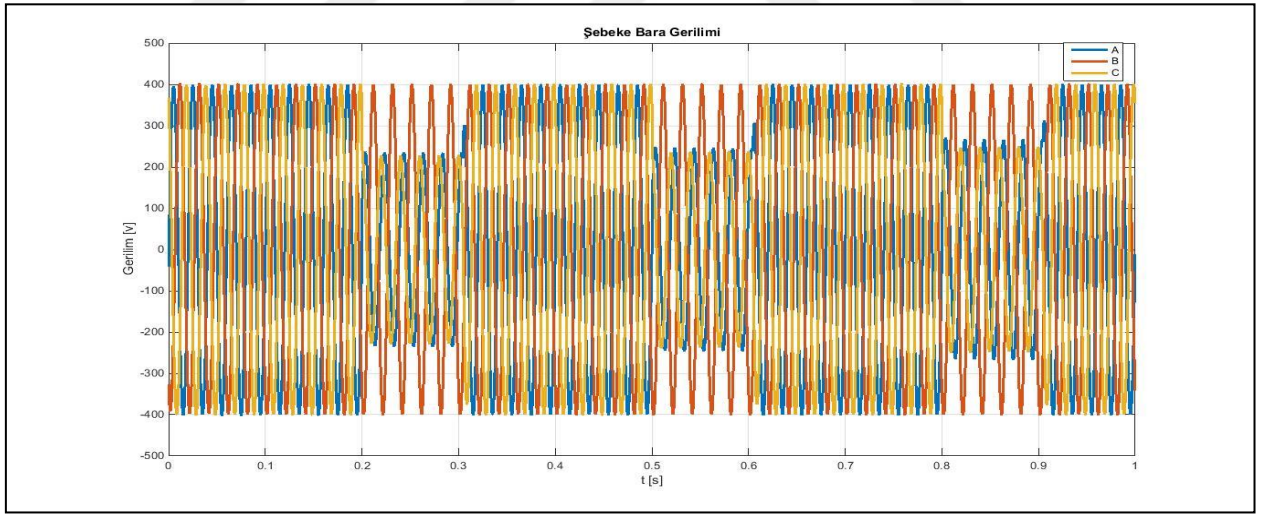
Şekil 5.51’de şebeke barasındaki ölçüm noktasında yapılan şebeke gerilimi grafiği gösterilmiştir. 1 ve 2 numaralı noktalarda verilen arızada faz arıza geriliminin 220V seviyesine



düştüğü görülmüştür. 3 numaralı noktalarda verilen arızada faz arıza geriliminin 230V seviyesine düştüğü görülmüştür.



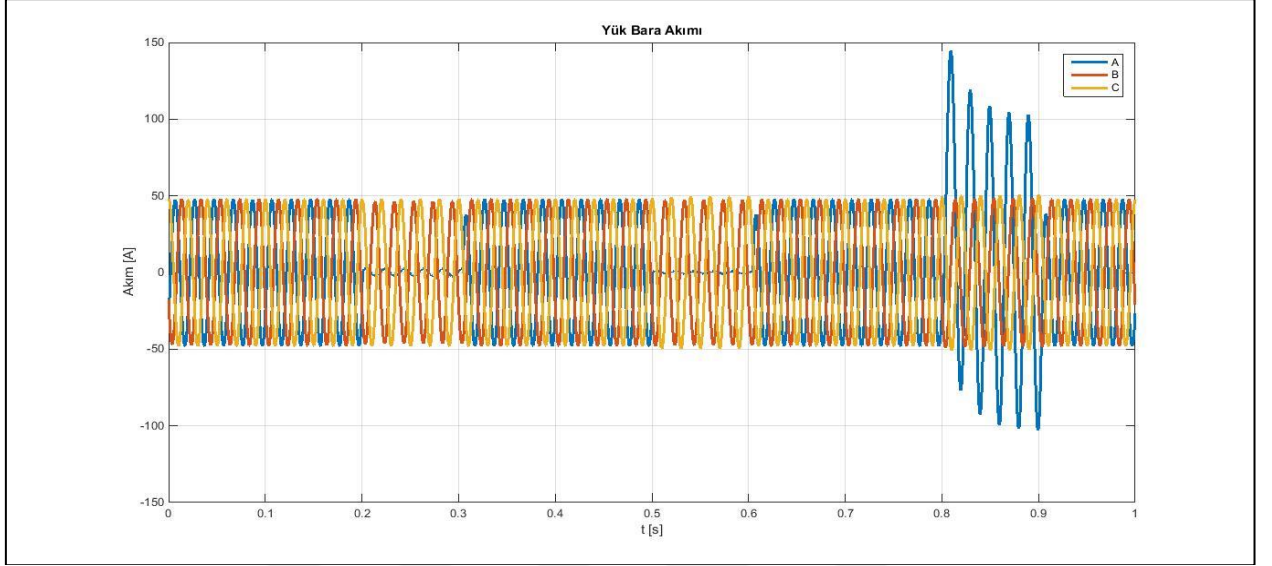
Şekil 5.50. Faz-Toprak arızası şebeke akımı



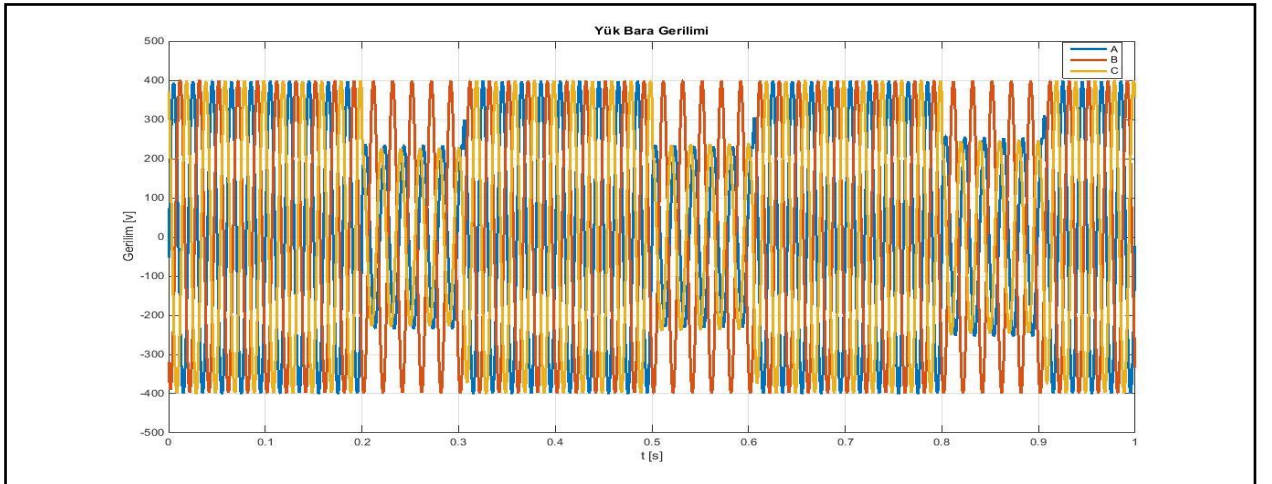
Şekil 5.51. Faz-Toprak arızası şebeke gerilimi

Şekil 5.52'de yük barasındaki ölçüm noktasında yapılan ölçümün şebeke akımı grafiği gösterilmiştir. 1 ve 2 numaralı noktalarda verilen arızalarda benzer arıza akımları görülmektedir. Faz akımının 50A seviyesinden 2A seviyelerine düştüğü görülmektedir. 4 numaralı noktada verilen arızada faz arıza akımının 148A seviyesine çıktığı görülmektedir.

Şekil 5.53’de yük barasındaki ölçüm noktasında yapılan şebeke gerilimi grafiği gösterilmiştir. 1 ve 2 numaralı noktalarda verilen arızada faz arıza geriliminin 220V seviyesine düştüğü görülmüştür.3 numaralı noktalarda verilen arızada faz arıza geriliminin 230V seviyesine düştüğü görülmüştür.



Şekil 5.52. Faz-Toprak arızası yük akımı



Şekil 5.53. Faz-Toprak arızası yük gerilimi

#### 5.4. Sonuç

Artan enerji ihtiyacı modern insanlığı yeni ve sürekli kaynaklar arayışına yönlendirmiştir. Doğanın sunduğu sonsuz enerji kaynaklarını kullanmayı öğrenen insanoğlu enerji ihtiyacının bir kısmını bu kaynaklardan sağlamaya başlamıştır. Gelişen dünyada farkına daha çok varılan çevre kirliliği ve doğanın bozulması durumlarının fosil yakıtlardan kaynaklandığı ortaya çıktığı için temiz ve sonsuz enerji kaynakları olan güneş ve rüzgâr enerjisinden faydalanma oranı katlanarak artmıştır. Enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla kurulmaya ve kullanılmaya başlanan mikro şebekeler güneş ve rüzgâr enerji sistemleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının enterkonnekte sistem ile bağlanması sonucu oluşturulan yapılardır. Gerek özel bölgelerin gerekse tüm şebekenin enerjilendirilmesi amacıyla kolayca uygulanabildikleri, kaliteli ve kesintisiz enerji sağlayabildikleri için mikro şebekelerin kullanımı hızla artmaktadır. Çeşitli enerji üretim kaynakları ve yükler içermesi nedeniyle bu tip istemlerin, büyük güç sistemlerindeki gibi farklı çalışma ve yük değişimi durumlarına ilişkin analizinin yapılması zorunlu bir hal almıştır.

Bu tez çalışmasında FV sistem ve RES'ten oluşan hibrit bir mikro şebekenin MATLAB/Simulink platformu altında tasarımı ve benzetimi yapılmıştır. Tasarlanan mikro şebekenin bir sistemde meydana gelmesi olası çalışma ve arıza durumları için analizi yapılmıştır.

Tezin ilk bölümünde mikro şebekeler anlatılırken, mikro şebekede kullanılan yenilebilir enerji kaynaklarından güneş ve rüzgâr enerji kaynakları ve bunlardan enerji üreten sistemlerden bahsedildi. Tezin ikinci bölümünde MATLAB/Simulink blok yapıları kullanılarak RES ve FV sistem tasarlandı. Tasarlanan sistemlerden şebeke bağlantılı olarak mikro şebeke tasarımı yapıldı. Tezin son bölümünde tasarlanan mikro şebekenin sırasıyla kaynaklar devreden çıktığındaki davranışı ve mikro şebekenin farklı noktalarına verilen 3 faz kısa devre ve faz toprak kısa devre durumları için analizi yapılmıştır. Mikro şebekenin farklı işletme koşullarındaki davranışları, şebekenin çeşitli noktalarından alınan ölçümler ve grafiklerle incelenmiştir. Sistem genel açıdan incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Fotovoltaik sistemde, rüzgâr enerjisi sisteminde ve şebekede oluşacak bir arızada en çok etkilenen parametrenin hat akımı olduğu görülmektedir. Buna göre olası fotovoltaik sistem, rüzgâr enerji sistemi ve şebeke arızasında hat akımının dengelenmesi için özel bir önleme ihtiyaç duyulacağı sonucuna ulaşılabilir.
- Grafikler incelendiğinde devreden çıkan kaynağın barasında yapılan ölçümlerde gerilimin arttığı görülmektedir. Bu gerilim belki baraya zarar vermeyecek fakat mikro şebeke halka (ring) yapıda tasarlandığı için diğer sistem elemanları bundan etkilenebileceği olasılığına karşı kaynak baralarında bir gerilim sınırlayıcı kullanılması gerekebilecektir.

- Yapılan incelemelerde sisteme en yüksek güç sağlayan kaynak olan şebeke bağlantısının kesilmesi durumunda sistemin kararsız bir hal aldığı görülmektedir. Bu durumu önlemek için en büyük güçteki kaynak devreden çıktığında diğer kaynakların besleyebileceği güçteki yükleri kritik yük önceliğine göre devrede tutup diğer yükleri sistemden ayıracak bir kontrol sistemi sisteme entegre etmek hayati bir önem taşımaktadır.
- 3 faz kısa devre ve faz toprak kısa devre arızası durumlarında mikro şebekenin tamamının etkilenmemesi için sistem koruma elemanlarının ve arızalı kısmın şebekeden izole edilmesi için önlem alınması gerekmektedir. Herhangi bir yükte oluşacak arızada arızalı yükü hattan izole edecek koruma sistemi kurulmalı ve mikro şebekenin olası arızadan etkilenmemesi sağlanabilir.

## 5.5. Öneriler

Tasarlanan mikro şebekenin geçici durumları incelendiğinde mikro şebeke tasarım aşamasında öncelikle yük durumuna göre projelendirilmelidir. Beslenecek yükler kritik yük durumuna göre sınıflandırılmalı ve kaynakların devreden çıkma olasılıklarına göre senaryolar oluşturup devreden çıkan kaynak güçlerine göre kritik yükleri devrede tutabilecek bir kontrol sistemi mikro şebekeye uygulanmalıdır. Tasarımcı arıza durumları için senaryolar oluşturup arıza bölgesini sistemden izole edebilecek devre koruma elemanlarını senaryolara göre mikro şebekenin farklı noktalarına uygulamalıdır.

Kritik yüklerin önem kazandığı günümüzde mikro şebekenin hem sanayide hem de farklı sektörlerde kullanılabilmesi yapılan bu çalışmayla görülmüştür. Bitlis bölgesi özelinde düşünüldüğünde tarımsal sulama yapan çiftçilere sağlayacağı yarar aşikârdır. FV sistem, RES ve şebekeyi hibrit olarak kullanacak bir çiftçi hem enerjide süreklilik ve kalite sağlayacak hem de ürettiği enerjinin fazlasını ilgili dağıtım şirketine satarak kar elde edebilecektir.

Bu farkındalığın sağlanması amacıyla tez çalışmasıyla paralel olarak Bitlis Eren Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine proje başvurusunda bulunulmuş ve Mayıs 2017 tarihi itibarıyla proje başvurusu kabul edilmiştir. Rüzgâr türbini ve FV sistemden oluşan Söz konusu proje tamamlandığında hem bölge halkı için daha detaylı bilgilendirme şansı olacak hem de tezde benzetim aşamasında kalan analizler gerçek bir sistem üzerinde uygulanabilecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] Çetin E, Keserlioğlu MS, Sazak BS, 2001. Fotovoltaik Panel Konum Kontrolünün Z80 Mikroişlemcisi Kullanılarak Gerçekleştirilmesi, 6. Türk-Alman Enerji Sempozyumu 2001, İzmir, s: 21-24.
- [2] Kelly H, 1998. Fotovoltaik Teknolojiye Giriş, Elektrik Mühendisliği Dergisi, 39:12-12.
- [3] Çetin E, Ahmet Y, Öner Y, Öztürk HK, 2007. Aydınlatmada Fotovoltaik-Hidrojen Hibrit Enerji Kaynağı Kullanımı.
- [4] Dou CX, Liu B, 2012. Transient control for micro-grid with multiple distributed generations based on hybrid system theory, Electrical Power and Energy Systems.
- [5] Abdelaziz MMA, 2012. A Novel and Generalized Three-Phase Power Flow Algorithm for Islanded Microgrids using a Newton Trust Region Method, IEEE Transactions On Power Systems, s:1-12.
- [6] Roy P, Chakrabarti A, 2012. Genetic Algorithm Based Optimal Power Flow Solution for Determination of Spot Pricing of Generators in Deregulated Electricity Environment of a Developing Country, Acta Electrotehnica.
- [7] Kamel MR, Chaouachi A, Nagasaka K, 2011. Detailed Analysis of Micro-Grid Stability during Islanding Mode under Different Load Conditions, Scientific Research Engineering Journal.
- [8] Liu X, Wang P, Loh PC, 2010. A Hybrid AC/DC Micro-Grid, IPEC, s: 746-751.
- [9] Liu YH, Wu ZQ, Lin S, Brandon NP, 2009. Application of the Power Flow Calculation Method to Islanding Micro Grids, International Conference on Sustainable Power Generation and Supply, Supergen '09, s: 1-6.
- [10] Amorim A, 2005. Analysis of the connection of a micro turbine to a Low Voltage Grid, International Conference on Future Power Systems, Portugal, s: 1-5.
- [11] Kanellos FD, Tsouchnikas AI, Hatziargyriou ND, 2005. Micro-Grid Simulation during Grid-Connected and Islanded Modes of Operation, International Conference on Power Systems Transients IPST'05.
- [12] Hatziargyriou N, Modelling of Micro-Sources for Security Studies, [www.microgrids.eu](http://www.microgrids.eu) / (Erişim Tarihi: 15.04.2016)
- [13] Efe SB, 2014. Mikro Şebekelerde Güç Akış Analizi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [14] Elrayyah A, Sozer Y, Elbuluk ME, 2014. A Novel Load-Flow Analysis for Stable and Optimized Microgrid Operation, IEEE Transactions on Power Delivery.

- [15] Sun Q, Zhou J, Guerrero MJ, Zhang H, 2015. Hiybrid three phase/single phase Microgrid Architecture With Power Management Capabilities, IEEE Transactions On Power Electronics.
- [16] Yenilenebilir Enerji Genel M¼d¼rl¼g¼ Web Sitesi, <http://www.eie.gov.tr/>(Erişim Tarihi: 15.04.2016)



## ÖZGEÇMİŞ

11.04.1988 tarihinde Bitlis'in Tatvan ilçesine doğdum. İlk ve ortaöğrenimimi Tatvan'da tamamladım. 2008 yılında Pamukkale üniversitesi elektrik-elektronik mühendisliği bölümünü okumaya hak kazandım. Buradaki öğrenimimi 2013 yılında tamamladım. Ağustos 2013-Nisan 2015 arasında Vangölü EDAŞ Bitlis İl Müdürlüğünde mühendis olarak çalıştım. Nisan 2015-Nisan 2017 arasında Mostar Grup Enerji AŞ'de trafo grup mühendisi olarak çalıştım. Halen TEDAŞ Vangölü Bölge Müdürlüğünde mühendis olarak çalışmaktayım. Ayrıca 2014 Eylül ayından itibaren Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı öğrencisiyim.

Metin AKDENİZ