

# MİKRO ŞEBEKELERDE PLANLI ADA MODU ÇALIŞMASININ MATLAB İLE ANALİZİ

**Gülşah Çolak**

BOSCH Home Comfort

OSB / MANİSA

[gulsah.colak@tr.bosch.com](mailto:gulsah.colak@tr.bosch.com)

**Hacer Şekerci Öztura**

Yaşar Üniversitesi

Bornova / İZMİR

[hacer.sekerici@yasar.edu.tr](mailto:hacer.sekerici@yasar.edu.tr)

**ÖZET:** Mikro şebekeler ana şebekeyle birlikte veya ana şebekeden bağımsız olarak çalışmak üzere iki farklı çalışma modunda sağlıklı olarak çalışabilmek üzere tasarlanırlar. Ana şebeke ile paralel çalışırken ada moduna geçişte veya ada modunda sistemden bağımsız olarak çalışırken ulusal şebekeye bağlanma anlarında geçişlerin sorunsuz olarak gerçekleşmesi beklenir. Bu amaçla mikro şebekelerde enerji yönetimi (Microgrid Energy Management System -MEMS-) üzerine IEEE'nin 2030.7-2017 numaralı standardı özellikle mikro şebekelerde kullanılacak denetleyicilerin özelliklerini belirlemekte ve test prosedürlerini tanımlamaktadır. Bu çalışmada, fotovoltaiik sistem, yükler ve bataryadan oluşan küçük bir mikro şebekenin ada moduna geçiş ve ada modundan çıkış süreçlerini belirtilen standarda göre Matlab kullanılarak analiz edilmiş ve simülasyon sonuçları paylaşılmıştır.

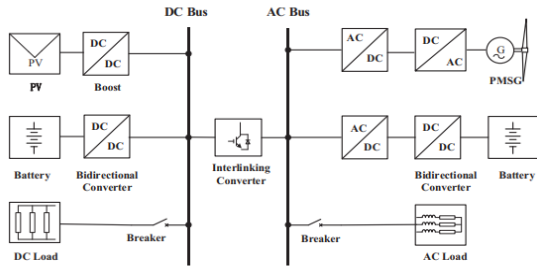
## 1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişimi, artan nüfus ve enerji ihtiyacının yanı sıra klasik enerji kaynaklarının kısıtlı olması, yenilenebilir enerji kaynaklarının ise süreklilik arz etmemesi enerjiyi çok daha verimli üretmek ve son kullanıcıya ulaştırmayı zorunlu kılmıştır. Bu nedenle yüksek güçlü üretimler ve uzun iletim hatları yerine mikro şebekeler son zamanların önemli bir araştırma konusu olmuştur. AC, DC ve hibrit (AC-DC) olmak üzere farklı tasarımları olan mikro şebekeler aslında dağıtık üretimin (Distributed Generation – DG-) bir parçasıdır [1]. DC mikro şebekenin gelişimi özellikle elektriği doğru akım ile üreten yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması ve sürekliliği olmayan bu enerji kaynaklarından istikrarlı bir sistem oluşturabilmek ve enerji güvenliğini sağlayabilmek adına DC depolamanın da artık gündeme gelmesi ile çok daha hızlı olmuştur [2]. Ayrıca ulusal sistemdeki herhangi bir arıza durumunda direk ada

modunda çalışmaya geçiş yapabiliyor olunması ayrı bir avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Mikro şebekelerin ulusal şebekeye güvenli bağlantısını ve kullanımını sağlamak için çeşitli teknolojiler geliştirilmektedir. Ayrıca ana şebekede yaşanacak herhangi bir kesinti anında büyük avantaj sağlayan ada modunda çalışabilen mikro şebekelerin geliştirilmesinin önünü açmıştır. Şekil 1'de hibrit bir mikro şebeke görülmektedir [1, 3]. Güneş panelleri gibi direkt DC üreten veya AC kaynakların DC kaynaklara çevrildiği, aynı zamanda depolayan veya DC yük ile elektriği kullanan kısımlar DC mikro şebeke olarak tanımlanırken, AC yenilenebilir kaynaklardan elektrik üreten ve AC yüklerin bulunduğu ihtiyaç durumunda depolama kısmı da eklenebilen mikro şebekeler ise AC mikro şebeke olarak tanımlanmaktadır.

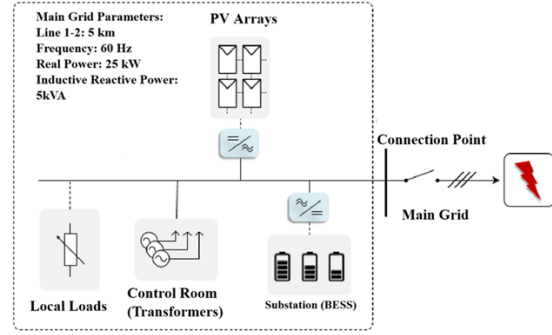
Güç akışı ve enerji yönetimi, mikro şebekenin farklı birimlerinin kontrolüne dayanır. Bu kontroller ile beklenen yüksek verimlilik, güvenilirlik ve optimum enerji kullanımının sağlanmasıdır. Güç akışı ve enerji

yönetimi, sistemin tüm bileşenleri arasında akıllı bir şekilde yönlendirilmeli ve enerji üretimi ve tüketimi arasında sürekli bir denge korunmalıdır. Bu denge, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin depolanması, kullanılması ve paylaşılması için entegre bir yaklaşım gerektirir. Kontrol sistemleri, elektrik akımını izler, enerji talebini tahmin eder ve enerji yönetimi stratejilerine uygun olarak güç akışını optimize eder. Yük noktalarına yakın yenilenebilir kaynaklardan enerji üretebilen mikro şebekeler, akıllı şebekenin yük talebini karşılama, verimliliği ve güç kalitesini artırma ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sistemdeki oranını artırma hedeflerine ulaşmasına yardımcı olabilir [4].



Şekil 1: AC/DC Hibrit Mikro Şebeke Yapısı

Bu makalede Şekil 2'de modeli ve değerleri verilen fotovoltaik sistem ve batarya sisteminden oluşan bir mikro şebeke incelenecektir. Şekilden de görüleceği üzere güneş panellerinin ürettiği elektrik AC'ye çevrilerek 11.1 kV'luk ana baraya bağlanırken, depolama işlemi için bu seferde AC'den DC'ye dönüşüm söz konusu olacaktır.



Şekil 2: Analiz Edilen Mikro Şebeke Modeli

IEEE 2030.7-2017 standardı, kendini yönetebilen veya şebekeye bağlı çalışabilen mikro şebeke enerji yönetim sistemlerinin birincil dağıtım şebekesine düzgün bir şekilde bağlanabilmesi veya bağlantısını kesmesi için gerekli olan kontrol işlevlerini belirlemektedir. Bir mikro şebeke kontrolcüsü, mikro şebeke içindeki enerji kaynaklarını yönetir, güç akışını kontrol eder ve mikro şebeke ile ana dağıtım şebekesi arasındaki etkileşimi düzenler. Herhangi bir mikro şebeke topolojisi, yapılandırması veya yasal durumu gözetmeksizin, bu standart ek bileşen işlevlerini içermekte ve MEMS'in düzgün çalışabilmesini sağlamaktadır [5]. Bu çalışmadaki simülasyonlar söz konusu standart dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

İkinci bölümde analizi yapılacak şebeke ve parçaları anlatılırken, üçüncü bölümde kontrol stratejileri tanıtılacak ve dördüncü bölümde ise Matlab Simulink ile oluşturulan modeller ve yapılan simülasyonlar ile elde edilen veriler detaylı olarak tartışılacaktır.

## 2. AC/DC MİKRO ŞEBEKELERİN YAPISI VE MODELLENMESİ

Mikro şebeke yapısında hem AC veya DC olarak elektrik üreten yenilenebilir

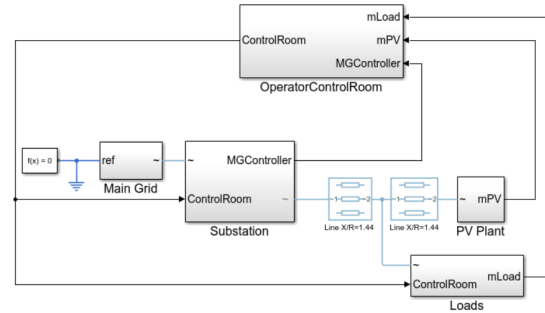
enerji kaynakları hem de enerji depolama sistemleri olan bataryalar ve invertörler yer almaktadır. Kontrol stratejileri açısından, enerji yönetimi ve güç akışı kontrolü özellikle AC ve hibrit mikro şebekeler için oldukça önemlidir. Kontrol sistemlerinin kullanılması ile enerji akımını izleyerek, enerji talebini tahmin ederek ve güç akışını optimize ederek yüksek verimlilik, güvenilirlik ve enerji kullanımının optimizasyonu sağlanmaktadır. Ayrıca, mikro şebeke yapılarında güç kalitesi, kararlılık ve güç dengelemesi gibi konular üzerinde durmaktadır [6-7].

Fotovoltaik sistemler, güneş ışınımını DC olarak elektrik enerjisine dönüştürür. Mikro şebeke, bu elektriği inverter aracılığıyla AC'ye dönüştürebilir veya direk bataryalarda enerji depolar [8]. Sistemde bataryalar olduğunda kısaca BESS olarak adlandırılan (Battery Energy Storage System) bataryanın enerji depolama sürecini kontrol eden bir devre söz konusudur. Bu kontrol devresi bataryanın şarj durumunu izler, enerji akışını kontrol eder ve sistemin kararlılığını sağlar [9-10].

Bu çalışmada analiz edilen ve şekil-2'de verilen mikro şebeke için iki farklı çalışma modu Matlab ile incelenmiştir. Bağlantı noktasındaki anahtar kapalı iken bu mikro şebeke ulusal sistem ile birlikte ve uyumlu olarak çalışacak iken, herhangi bir gerekçe ile o anahtarın açık olması durumunda ise ada modu olarak adlandırılan sistemden bağımsız çalışma ayrı ayrı analiz edilecektir. Bu analizler için 25kW aktif ve 5 kVAR indüktif reaktif güç çeken üçgen bağlı bir yük kullanılmış olup, mikro şebeke, yük ve ana şebeke ile bağlantının Simulink modeli Şekil-3'de görülmektedir [11].

Bu modelde trafo merkezi (Substation) olarak adlandırılan kısım ulusal şebeke ile

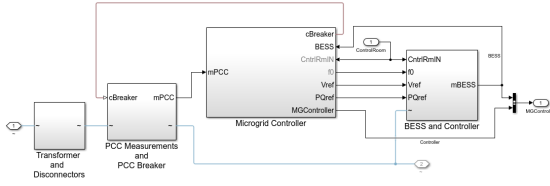
mikro şebekenin arasındaki bağlantıyı sağlarken, mikro şebekeye ait denetleyiciyi ve BESS'i de kapsar. Mikro şebeke denetleyicisi kendi içindeki elektrik üretim kaynakları ve yüklerle ait anlık verileri düzenli takip eder ve trafo merkezinin kontrol odasındaki set edilmiş değerlerle her an karşılaştırma yaparak ada moduna geçip geçmemeye karar verir. Mikro şebeke denetleyicisinin altı farklı fonksiyonu vardır. Bunlar;



Şekil 3: Mikro Şebeke ve Ana Şebeke Bağlantı Modelinin Bileşenleri

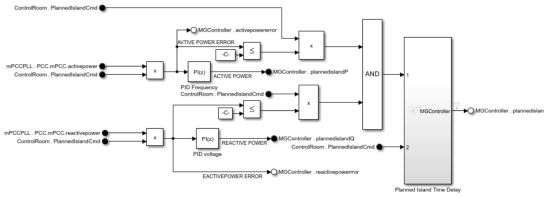
- Faz kilitlemeli çevrim (Phase Lock Loop -PLL-) ulusal ve mikro şebeke taraflarından düzenli ölçüm alır,
- Mikro şebeke için referans frekans üretilir,
- Mikro şebeke için referans voltaj üretilir,
- Planlı ada modunu gerçekleştirmek için ortak bağlantı noktasında (Point of Common Coupling -PCC-) sıfır güç akışı tespit edilir,
- Gerekli olduğu anda ana kesici aktive edilir, ve
- Ada moduna geçen mikro şebeke ile iletişime geçilir.

Şekil 3'de modelin orta bölgesinde görülen mikro şebeke kontrol devresinin detaylı açılımı Şekil 4'de verilmiştir.



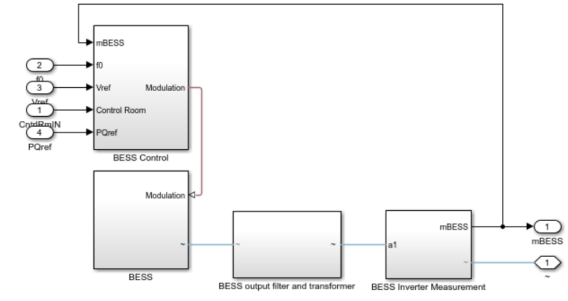
Şekil 4: Mikro Şebeke Kontroller Devre Modeli

Ayrıca planlı ada modu için PCC'de sıfır güç akışını tespit ederken mikro şebeke denetleyicisi düzenli olarak BESS için aktif ve reaktif güç referansını hesaplar. Şekil 5'de ise sıfır güç akışını belirlemek ve dolayısı ile planlı ada moduna geçiş yapabilmek için kullanılan Simulink devresi görülmektedir.



Şekil 5: Mikro Şebeke Modelinin Ada Moduna Geçiş Simulink Modellemesi

Bu karar mekanizmasında anlık olarak ölçülen aktif ve reaktif güç bilgileri ile önceden set edilmiş kontrol değerleri karşılaştırılarak farkları bir "ve kapısına" (And) sokularak ada moduna geçiş yapıp yapılmayacağını kararı verilir. Ayrıca BESS'e ait olan denetleyici de sıfır güç akışının belirlemesi sırasında sürekli olarak BESS'in değerlerini kontrol eder. Planlı ada moduna geçildiğinde, ana sistemdeki kontrol devresi BESS'in set edilen güç değerlerini sağlaması için gerekli komutları gönderir. BESS denetleyişinin iç yapısı şekil 6'da verilmiştir.

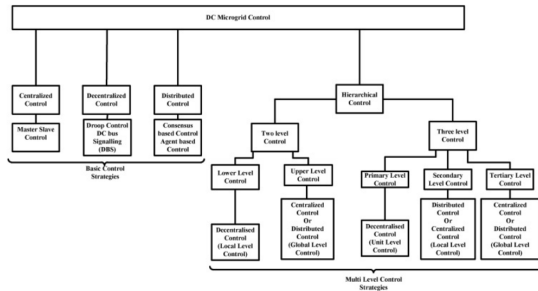


Şekil 6: BESS denetleyicisi

### 3. MİKRO ŞEBEKE KONTROL STRATEJİLERİ

Mikro şebeke yapısı ile kontrol stratejileri, güç ve enerji yönetim sisteminin ayrılmaz bir parçasıdır. Şekil 7'de görüldüğü gibi oldukça geniş bir sınıflamaya sahip olan bu kontrol stratejilerinin merkezi, dağıtık ve dağıtılmış kontrol gibi temel kontrol şemaları ve hiyerarşik kontrol gibi çok seviyeli kontrol şemaları mevcuttur. Enerji yönetimi, enerji depolama sisteminin boyut ve kapasitesini optimize etmek ve maksimum kullanımını sağlamak açısından önemli bir rol oynadığından farklı koşullar için geliştirilmiş farklı enerji yönetimi stratejileri vardır. Batarya ve süper kapasitör içeren HESS'in enerji yönetimi de kontrol stratejileri için güncel araştırma konularından biridir. Özetle mikro şebekelerin güvenli bir şekilde çalışabilmesi için kullanılan bazı temel stratejileri (sabit frekans kontrolü, akım paylaşımı, gerilim regülasyonu, frekans kararlılığı, enerji depolama sistemlerinin entegrasyonu temel mikro şebeke kontrol stratejileri) mevcuttur. Bu kontrol stratejilerinin ortak noktası sistem kararlılığını, güç kalitesini ve enerji verimliliğini arttırmaktır [12].

Yukarıda anlatılan oldukça geniş sınıflamalardan sadece faz kilitlemeli çevrim (PLL) ve düşme (Droop) kontrol metotları incelenmiştir. PLL, elektriksel sinyallerdeki faz farkını ölçmek ve kontrol etmek için kullanılan bir geri besleme kontrol sistemi teknolojisidir [13]. Dağıtılmış üretim, aktif harmonik filtreler, aktif ön uçlar ve kesintisiz güç kaynakları gibi şebeke bağlantılı inverter uygulamalarında, elektrik şebekesi geriliminin faz açısı geniş bir yelpazede kullanılan bir kriterdir. Faz açısını elde ederken PLL mantığı, referans sinyali ile geri besleme sinyali arasındaki faz farkını algılayarak, çıkış sinyalinin frekansını ve fazını referans sinyale kilitleyerek çalışır. PLL, frekans kontrolü ve senkronizasyon gerektiren sistemlerde önemli bir teknoloji olarak kabul edilir.



Şekil 7: DC Mikro şebeke kontrol stratejileri [12]

Dağıtılmış enerji kaynaklarına yüksek oranda nüfuz eden sistemler, verimli yerel gerilim yönetimi olmadan gerilim dalgalanmalarına ve salınımlara karşı hassastır. Kaynaklar arasında dolaşan önemli reaktif akımların olmaması, gerilim regülasyonu için gereklidir [12-14]. Frekans kontrolünde kullanılan yöntemlerden biri olan droop (düşme) metodu, depolama cihazlarının tepkisi ve yük atma yoluyla, frekans kontrol stratejisi, aktif güçlerini ayarlamak için

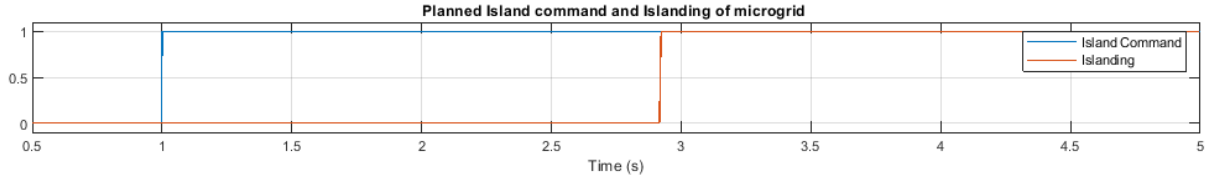
mikro kaynakların sınırları ve yeterlilikleri ile uyumlu bir şekilde kullanılmalıdır. [15].

#### 4. SİMULİNK ANALİZLERİ

Bu çalışmada planlı veya literatürde karşılaşılan diğer adıyla istemli ada modu ve ulusal şebeke ile senkron çalışma modu incelenecektir. Öncelikle kısaca bu iki durumun kısaca tanımına bakacak olursak; ada çalışması planlı veya plansız olarak gerçekleşebilir, planlı geçiş zamanı ve adada kalmanın süresi önceden planlanmış olan bakım ve bakım gereği enerji kesintilerinden ve dolayısıyla enerji kalitesi problemlerinden tesisi korumak amaçlı yapılmaktadır. Planlı ada moduna geçişin arkasından dağıtılmış üretim kaynaklarının beslenen yükün karakteristiğine uygun biçimde ve yeterli miktarda aktif ve reaktif güç sağlayabilmesi çok önemlidir. Ayrıca, ada sistemi gerilimi ve frekansı kabul edilebilir aralıklarda tutacak kontrol mekanizmasına da sahip olunması ve üretim- tüketimi dengesini sağlayabilmek için yük takibi, gerektiğinde yük atma yöntemleri kullanılması beklenir. Ulusal şebekeye yeniden bağlanırken, mikro şebekenin ana şebekeye senkronize olması gereklidir. Bu senkronizasyon yöntemleri ile ulusal şebeke ile paralel çalışma koşulları IEEE 1547 standardında tanımlanmıştır. Planlı ada çalışma moduna geçiş için tanımlı koşullar olmadığı durumlarda olması gereken çalışma şeklidir. Senkron çalışma gerçekleştiğinde daha yüksek kararlılık sağlanacağı gibi ve mikro şebekenin o anda kullanmayacağı fazla enerjinin satılması söz konusu olduğundan avantajları bulunmaktadır.

Benzetim çalışmaları, kararlı halde ve senkron olarak çalışan mikro şebeke ve ulusal şebeke için İnci saniye de ada moduna geçiş komutunun, 2,9. saniyede kesicinin kapanması ve 4. saniyede ise

yük miktarının artması durumları incelemektedir. Bu ada modu sinyalleri Şekil-8’de görülmektedir.

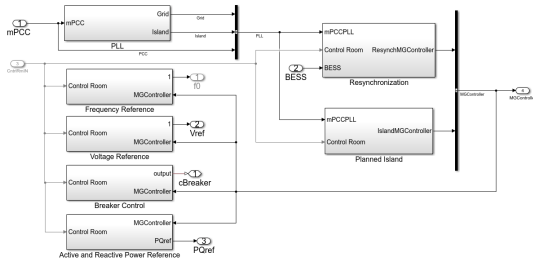


Şekil 8: İstemli Ada Moduna Geçiş Zamanlaması

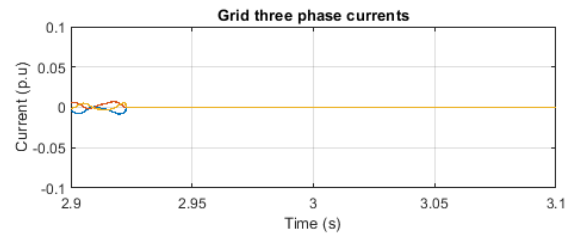
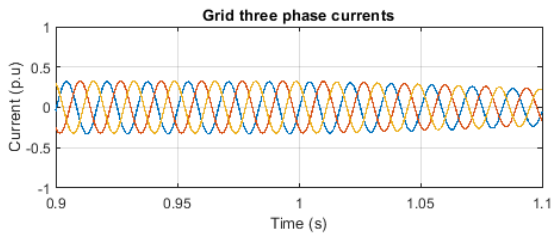
Ulusal şebeke ile senkron olarak çalışan mikro şebeke analizleri Şekil-3’te verilen devreye göre yapılırken, ada moduna geçiş sinyali ile artık analiz edilecek devre Şekil 9’da görüldüğü gibi değişiklik gösterecektir.

Analizler sonucu bu iki zaman dilimindeki yük ve BESS gerilimi ile akımları ise Şekil 10 ve Şekil 11’de sırasıyla verilmiştir.

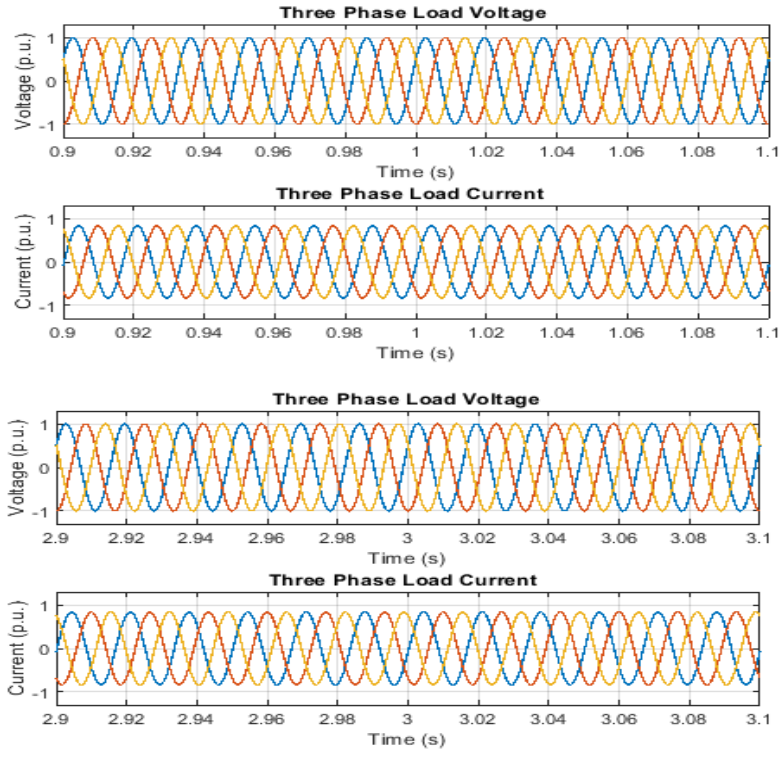
Yük üzerindeki akım gerilimlerin ada modu komutu ve kesicinin kapanmasından etkilenmediği görülürken, BESS tarafında akım ve gerilimde farklı süreçler yaşanır. Kararlı sabit bir voltaj ile komut alındıktan sonra yavaşça artan ve kesici açtıktan sonra kararlı hale gelerek başlangıç durumuna göre yaklaşık iki katına çıkan bir BESS akımı bize iyi planlanmış bir ada modunu başarı ile gerçekleştirdiğini göstermektedir. Ayrıca ulusal şebeke kısmındaki akımları da incelemek bu ada modu operasyonun başarısını gösteren bir başka kriter olarak incelenebilir. Şekil 12’de şebeke akımının iki farklı zaman periyodundaki değişimi görülmektedir.



Şekil 9: Planlı Devresi Ada Modunda Kullanılan Simulink

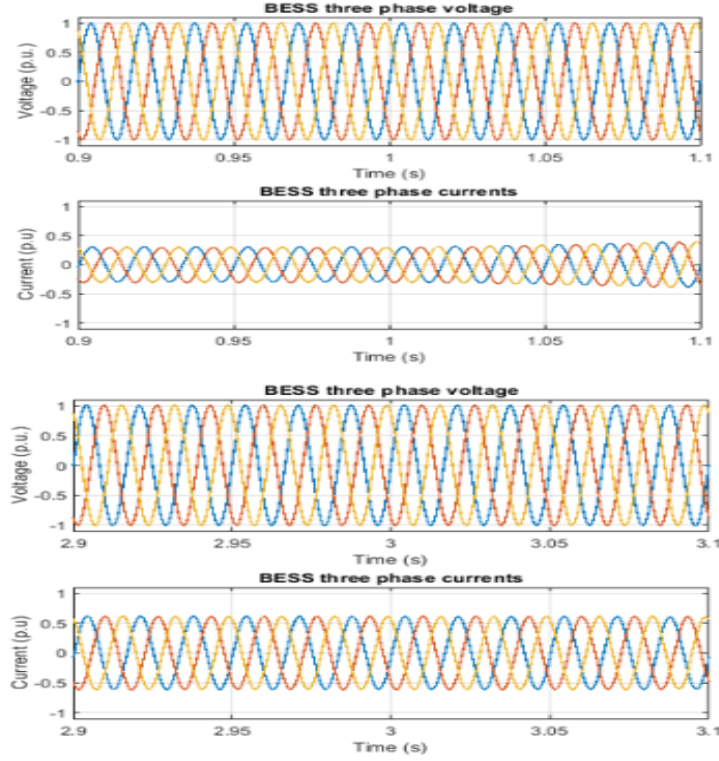


*Şekil 10: Ulusal Şebeke Akımı*



*Şekil 11: Yük Akım ve Gerilimi*





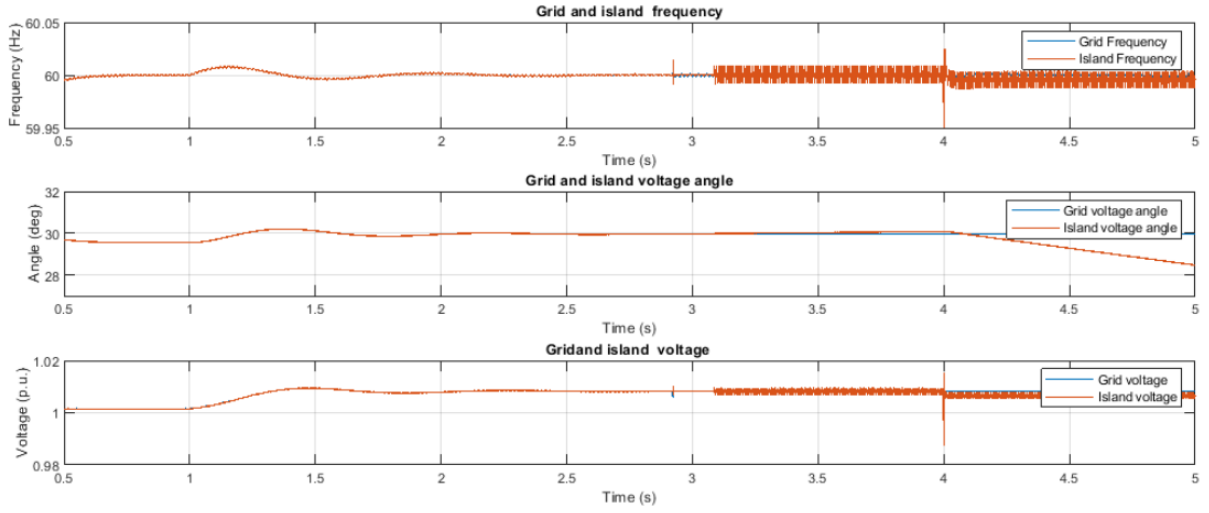
Şekil 12: BESS Akım ve Gerilimi

Şekil 10'da görülen kesici açıldıktan hemen sonra görülen çok küçük şebeke akım değeri, PCC'de neredeyse sıfır güç akışı ile iyi planlanmış bir ada modunu gösterir.

Bu analizler yapılırken dikkat edilmesi gereken bir başka çok önemli konu ise adaya geçişte frekans voltaj ve voltajın faz açısının kararlılığının ne olacağıdır. Şekil 13'te ada modunda çalışan mikro şebeke ve ulusal sistemin frekansı, voltajın genliği ve voltajın faz açısı grafikleri görülebilir. Bu grafiklerden de anlaşılacağı üzere 1nci saniyede komut geldiği anda hem frekans hem de voltajın genlik ve faz açısında artışlar olmakla birlikte bu artış miktarları kabul edilebilir sınırlarda olup, kesicinin

açmasından sonra yaşanan değişimlerin salınımı dikkati çekmektedir. Hem frekans hem de voltaj genliğinin kararlılığının sadece mikro şebeke boyutunda incelendiğinde, ulusal şebekeye göre çok daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca yük miktarı artıp ada modunda olduğundan bunu destekleyecek yeni bir kaynak mikro şebekede bulunmadığından frekans, voltajın genliği ve açısında düşümler belirgin olarak gözlenmektedir.





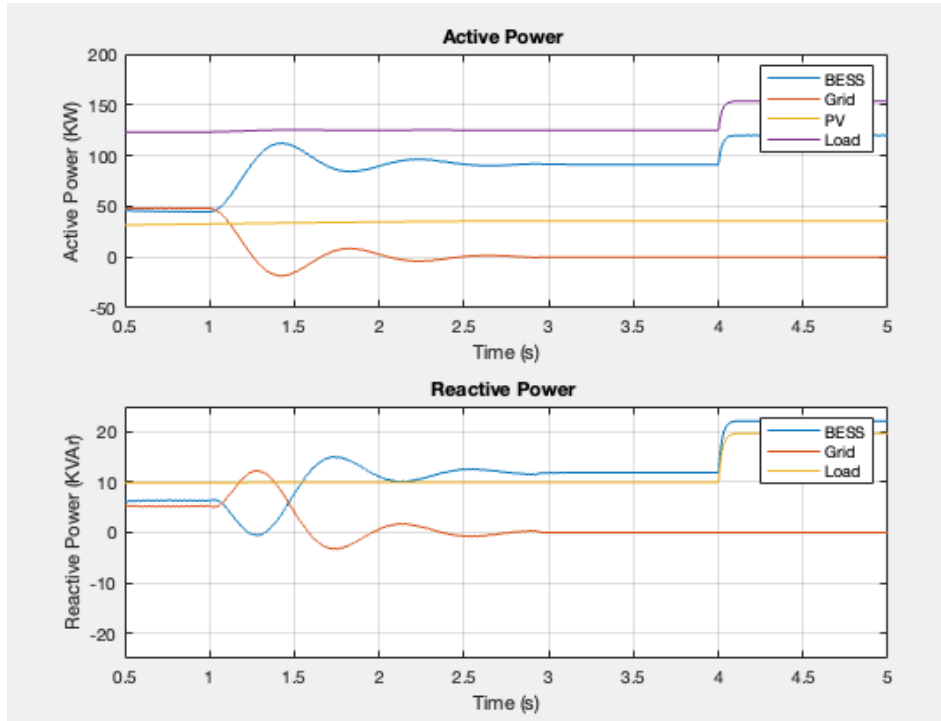
Şekil 13: Ada Modu ve Ulusal Şebeke Çalışma Modlarında Ait Frekans, Voltaj Genliği ve Faz açısının Zamana Göre Değişimi

Bu analiz sırasında ulusal şebeke kısmında voltaj 11,1 kV ve kaynak iç direnci 2  $\Omega$  olarak alınırken, trafo gücü 600 kVA, voltajı 11,1-2,3 kV ve eşdeğer devre direnç ve reaktansın her ikisi de primer için 0,03 per unit ve sekonder için 0,04 per unit olarak alınmıştır.

Simülasyonun ve modelin açıklaması için Simulink dönerek yeniden bakmak gerekir. Mikro şebekedeki kontrol odasının üretilen çıkış sinyali sıfır güç akışı için kontrol bloğuna yönlendirilir. Kontrol bloğu, mikro şebeke kontroller devresinin önceden belirlenmiş parametreleri içerir ve bu parametrelere göre oluşturulan mikro şebeke kontroller çıkışı, PCC ölçümleri ile birleştirilerek ada modunda mikro şebeke kontroller devresi geri beslenir. Bu geri besleme döngüsü sayesinde, kontroller istenen güç akışını sağlamak için gerekli düzenlemeleri yapar. Planlı ada modu sayesinde, ana şebeke ile kesinti

yaşanması durumunda mikro şebeke operasyonuna sağlıklı bir şekilde devam eder.

Söz konusu analizler sırasında bakılması gereken bir başka değer ise aktif ve reaktif gücün bu komutların geldiği ve kesicinin açıldığı zaman dilimlerinde her bir farklı nokta için (PV'de, yük üzerinde, ulusal şebekede ve BESS'de) nasıl değiştiğidir. Şekil 14'te dört farklı noktadaki aktif ve reaktif gücün zamana göre değişimi görülmektedir. 1. saniyede komut gelmesi ile BESS'in aktif ve reaktif gücü salınımlı olarak artarken, ulusal şebekenin aktif ve reaktif gücü salınımla yaklaşık 2,9. saniyede sıfırlanmaktadır. 4. saniyede gerçekleşen yük artışının BESS'deki yansımaları belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır.



Şekil 14: PV, Ana Şebeke, Yük ve BESS Üzerindeki Aktif ve Reaktif Güç Grafiği

Planlı ada modunda çalışan bir mikro şebeke, aktif güç, reaktif güç, batarya enerji depolama sistemi, şebeke ve yükler arasında önemli bir etkileşim sağlar. Aktif güç, mikro şebekenin ürettiği veya tükettiği gerçek gücü temsil eder. Batarya enerji depolama sistemi, güneş enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklardan gelen enerjiyi depolayarak mikro şebekenin aktif gücünü artırabilir. Reaktif güç ise mikro şebekenin endüktif veya kapasitif yüklerle olan ilişkisini ifade eder. Bu güç faktörünü ve enerji verimliliğini etkileyen önemli bir faktördür.

Tüm bu grafikler, sistemin performansını ve planlanan ada modu işlevinin etkilerini göstermektedir. Maksimum ve minimum voltaj ile frekans değişim değerleri IEEE 2030.7 [5] standartlarına uygun olarak planlanmıştır. Yeniden ulusal şebekeye senkronizasyon

prosedürü ise, voltaj ve frekans değişimlerinin gene standartlarda tanımlanan kabul edilebilir sınırlar içinde tutularak gerçekleştirilir.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada planlı ada modunda çalışan bir mikro şebeke bir Simulink modeli referans alınarak detaylı olarak analiz edilmiştir. Simülasyon sonuçları ve matematiksel modellemeler, planlı ada modunda çalışan bir mikro şebeke, gerilim kararlılığını sağlayarak güç sistemine bağlı yüklerin düzgün çalışmasını sağlayabileceğini gösteriyor. Ayrıca, iç kontrol ve yönetimi sayesinde enerji üretimini, depolamayı ve tüketimi dengeleyerek güç dengesini korur. Bu sistem, verimli enerji kullanımını teşvik eder ve enerji kaynaklarının optimal

şekilde kullanılmasını sağlar. Aynı zamanda, bağımsız çalışabilme özelliği sayesinde kesinti durumlarında yedekleme gücü sağlar ve güvenilir bir enerji kaynağı olarak hizmet verir. Tüm bunlar, mikro şebekenin voltaj, akım ve güç düzeylerini istikrarlı ve optimize bir şekilde tutarak enerji verimliliğini artırır.

## KAYNAKLAR

- [1] Yoldaş, Yeliz & Onen, Ahmet & Muyeen, S M & Vasilakos, Athanasios & Alan, Irfan. (2017). “*Enhancing smart grid with Microgrids: Challenges and opportunities*”, Renewable and Sustainable Energy Reviews. DOI: 10.1016/j.rser.2017.01.064
- [2] Jaynendra Kumar, Anshul Agarwal, Nitin Singh, “*Design, operation and control of a vast DC microgrid for integration of renewable energy sources*”, Renewable Energy Focus, Vol.34, September 2020, pp:17-36, DOI:10.1016/j.ref.2020.05.001
- [3] Kai Li, Jike Zhang, Jianwei Zhang, “*Research on the Control Strategy of AC/DC Interlinking Converters in Islanded Hybrid Microgrid*”, pp:479-483, 2021 IEEE 4th International Conference on Electronics Technology (ICET)
- [4] Ayşe Aybike Şeker, Tuba Gözel, Mehmet Hakan Hoccoğlu, “*An Analytic Approach to Determine Maximum Penetration Level of Distributed Generation Considering Power Loss*”, 2018 Twentieth International Middle East Power Systems Conference (MEPCON), pp:956-961 Cairo University, Egypt.
- [5] “IEEE Standard for the Specification of Microgrid Controllers, IEEE 2030.7-2017.” IEEE, 2017.
- [6] Pavitra Sharma, Hitesh Dutt Mathur, Puneet Mishra, Ramesh C. Bansal, “*A critical and comparative review of energy management strategies for microgrids*”, Applied Energy, Volume 327, 1 December 2022, 120028, DOI:10.1016/j.apenergy.2022.120028
- [7] Haoyang Zheng, Zeng Liu, Ronghui An, Jinjun Liu, “*An Islanding Detection Method for Microgrids Using Synchronized Small-AC-Signal Injection*”, pp:3008-3013, 2020 IEEE 9th International Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC2020-ECCE Asia)
- [8] D. Prasad, N. Kumar, and R. Sharma, “*Modeling and Simulation of Microgrid Solar Photovoltaic System with Energy Storage*”, 2018 2nd IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES), Delhi, India, 2018, pp. 623-629, DOI: 10.1109/ICPEICES.2018.8897355.
- [9] Sahar Zafar, Husnain Sadiq, Beenish Javaid, Hassan Abdullah Khalid, “*On PQ Control of BESS in Grid-Connected Mode and Frequency Control in Islanded-Mode for MicroGrid Application*”, 2018 International Conference on Computing, Electronic and Electrical Engineering (ICE Cube)
- [10] M.Vijayaragavan, N.Madhanakkumar, Monika.G, Amathullah. A.S, “*Micro Grid Connected Solar PV Employment Using for Battery Energy Storage System*”, 2021 International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN) DOI: 10.1109/ICSCAN53069.2021.952 6396

- [11] MathWorks, 2021, “Microgrid: Planned Island from Main Grid”, [Son erişim: 02 Mayıs 2023]. <https://nl.mathworks.com/help/sps/ug/microgrid-planned-island.html>
- [12] J. Kumar, A. Agarwal, and V. Agarwal, “A review on overall control of DC microgrids”, *Journal of Energy Storage*, vol. 21, pp. 113-138, 2019. DOI: 10.1016/j.est.2018.11.013
- [13] El-Fallah, F. R. Salama, A. Mohamed, ve E. Shaheen, “Design and Operation of a Phase-Locked Loop with Kalman Estimator-Based Filter for Single-Phase Applications” *IEEE Industrial Electronics, IECON 2006 - 32nd Annual Conference Aralık 2006* DOI: 10.1109/IECON.2006.348099
- [14] Hidehito Matayoshi, Mitsunaga Kinjob, Shriram S. Rangarajanc, Girish Ganesan Ramanathana, Ashraf M. Hemeidad, & Tomonobu Senjyu, “Islanding operation scheme for DC microgrid utilizing pseudo Droop control of photovoltaic system”, *Journal of Energy for Sustainable Development*, Volume 55, April 2020, pp. 95-104, DOI:10.1016/j.esd.2020.01.004
- [15] Borazjani, Pouya & Abdul Wahab, Noor Izzri & Hizam, Hashim & che soh, Azura. (2014). “A review on Microgrid control techniques.” 2014 *IEEE Innovative Smart Grid Technologies-Asia, ISGT ASIA 2014*. 749-753. 10.1109/ISGT Asia.2014.6873886.