

Dağıtılmış Üretim ile İstemli Ada Çalışması

Intentional Islanding with Distributed Generation

Melih CANSEVER¹, Ayşen BASA ARSOY²

¹Fen Bilimleri Enstitüsü
Kocaeli Üniversitesi
125102009@kocaeli.edu.tr

²Elektrik Mühendisliği Bölümü
Kocaeli Üniversitesi
aba@kocaeli.edu.tr

Özet

Dağıtılmış üretim ile ada çalışma şu anda kaçınılmak istenen bir durum olsa da, uygun planlama sonucunda istemli ada çalışmasına geçişin faydaları fark edilmeye başlanmıştır. IEEE 1547 dağıtılmış üretim standart grubuna bununla ilgili 1547.4 standardının eklenmesi bunun en önemli göstergesidir. Bu bildiride, istemli ada çalışma ile ilgili sorunlar ve çözümleri 1547.4 standardı üzerinden irdelenmiştir. Ayrıca bir test şebekesi üzerinden yapılan benzetim çalışması ile değişik dağıtılmış üretim tiplerinin ada çalışma ile uyumları gösterilmiştir.

Abstract

Even if islanding operation with distributed generation is to be avoided at the moment, potential benefits of intentional islanding after appropriate planning are starting to get noticed. The addition of 1547.4 standard to the IEEE 1547 Distributed Generation standard group is an important indication to this. In this paper, issues and solutions regarding intentional islanding have been examined in correlation with the 1547.4 standard. Additionally, compability of different distributed generation types with intentional islanding has been demonstrated with computer simulations on a test network.

1. Giriş

Dağıtılmış Üretim sistemlerinin şebekeye paralel çalışmasına ilişkin sorunlar sıralandığı zaman, ilk sıralarda her zaman ada çalışma bulunmaktadır [1]. Ada çalışma, şebekenin belirli bir kısmının sonsuz güçlü enterkonnekte şebekeden bağımsız olarak çalışmasıdır. Gerçekten de mevcut şebeke yapısı içinde ada çalışma can ve mal güvenliğini riske atabilmektedir. Bunun yanı sıra dağıtılmış üretim kaynakları(DÜK) genellikle gerilim ve frekans desteği vermemek üzere tasarlandığından dolayı ortada ciddi güç kalitesi sorunları oluşabilir. Mevcut halde ada çalışma, şebeke işletmecilerinin tamamı ile kaçınılmaya çalıştıkları bir durumdur. Ancak şebekedeki DÜK oranının gittikçe artması ile teknolojinin ilerlemesi ve ucuzlaması sonucu akıllı şebeke uygulamalarının yaygınlaşması bu konuya yeni bir bakış açısının doğmasına neden olmuştur. Öyle ki, IEEE dağıtılmış üretim için

belirlenen 1547 standart grubuna, istemli ada sistemleri ile ilgili bir standart eklemiştir.

Standard ve yönetmeliklerde az rastlansa da literatürde istemli ada çalışma(İAÇ) ile ilgili çeşitli yazılar bulmak mümkündür. Bu makalelerde İAÇ'nin zorluklarına değinilmiş ve bunların üstesinden gelecek yöntemler önerilmiştir. Ayrıca bu zorlukların üstesinden gelinmesi halindeki olası büyük getirilere de dikkat çekilmiştir. İAÇ'nin kararlılık üzerine etkisinin irdelendiği bildiride [2], arıza hallerinde sistemin tümünün enerjisiz kalması yerine DÜK barındıran bölümlere ayrılıp çalışması önerilmiştir. Bunun için gelişmiş otomasyon sistemi ve hızlı koruma cihazlarının gerekliliği vurgulanmıştır. İAÇ ile ilgili fizibilite çalışması yapıldığı bir makalede [3] ise koruma, kaynak koordinasyonu, haberleşme vb. engeller belirlenmiş, kapsamlı çözümler önerilmiş ve bir örnek uygulama üzerinde gösterilmiştir. Ayrıca ABD'nin West Virginia eyaletinde, güvenilirlik sorunları yaşayan 28 km uzunluğundaki 34,5KV radyal fider için enerji depolama sistemi kurulmuştur. 2 MW güç çıkışı olan sodyum sülfür bataryalar ile sistem hem arıza durumlarında ada moduna geçerek yükleri besleyebilmekte hem de tepe yük kırılmasına olanak sağlamaktadır [4].

Bu bildiride, DÜK barındıran istemli ada sistemlerinin uygulanabilirliği irdelenmiştir. İAÇ ile ilgili sorunlar ve çözümleri, henüz yeni sayılan IEEE 1547.4 standardı üzerinden anlatılmıştır. Bir test şebekesi üzerinden İAÇ bilgisayar benzetimi yapılmış ve özellikle gerilim/frekans kararlılığı gözlemlenmiştir.

2. İstemli Ada Çalışma

IEEE 1547.4-2011, dağıtılmış üretim kaynağı barındıran istemli ada sistemlerini kapsamaktadır [5]. Ada sistemlerinin tasarımı, işletmesi ve entegrasyonu konularında da alternatif yaklaşımlar ve iyi uygulamalar sunmaktadır. Ayrıca İAÇ ile ilgili teknik sorunlara değinmektedir. Şu anda İAÇ hakkındaki en önemli kaynak olduğu için bu standart üzerinden gidilecektir.

2.1. İstemli Ada Sistemi Çalışma Evreleri

Ada çalışmada 4 ayrı durum bulunmaktadır.

2.1.1. Şebekeye Paralel Çalışma

İAÇ için uygun koşullar olmadığı durumlardaki çalışma şeklidir. Daha yüksek kararlılık ve fazla enerjinin satılması gibi bariz avantajları bulunmaktadır. Bu durumu IEEE 1547-2003 standardı kapsamaktadır.

2.1.2. Ada Çalışmaya Geçiş

Planlı veya plansız olarak gerçekleşebilir. Planlı ada çalışma, zamanı ve süresi ilgili tüm taraflarca kabul edilen istemli olayların sonucu olarak tanımlanmıştır. İstemli ada çalışma, gerçekleşmesi beklenen bir kesinti öncesinde önleyici eylem olarak oluşabilir. Bu kesintilerin sebebi planlı bakım veya yaklaşmakta olan bir kasırğa gibi doğal felaketler olabilir. Bunun avantajı, yerel şebekede kesinti olmasını beklemek yerine kontrollü olarak ada çalışmaya geçerek muhtemel zincirleme arızalar veya yerel şebekedeki enerji kalitesi sorunları önlenmiş olur.

2.1.3. Ada Çalışma

Geçiş tamamlandıktan sonra geçerli enerji kalitesi seviyesini sağlayacak güç üretim ve depolama sistemlerinin olması oldukça öneme sahiptir. Dağıtılmış üretim kaynakları beslenen yükün karakteristiğine uygun biçimde yeterli aktif ve reaktif güç sağlayabilmelidir. (Ör: Motorlara doğrudan yol verilmesi) Ayrıca, ada sistemi gerilimi ve frekansı kabul edilebilir aralıklarda tutacak kontrol mekanizmasına da sahip olmalıdır. Yükün karakteristiğine uygun olarak yeterli rezervler bulunmalıdır. Üretim ve tüketimi dengelemek amacı ile yük takibi, yük atma vb. yöntemler kullanılabilir.

2.1.4. Tekrar Bağlantı

Bölgesel şebekeye yeniden bağlanırken, ada sisteminin tekrar şebekeye senkronize olması gereklidir. Arıza gibi durumlarda şebekenin dengeye oturması için tekrar bağlantının ertelenmesi gerekebilir. IEEE 1547.4 standardına göre yeniden senkronizasyon için 3 yaklaşım bulunmaktadır:

Aktif senkronizasyon: Ortak bağlantı noktasının iki tarafındaki gerilim genliği, frekansı ve faz açısı izlenir. Ada tarafındaki değerler şebekeye uydurulduğunda fiziksel bağlantı sağlanır. Bu sistemdeki haberleşme ile ölçme sistemlerinin hassaslığı ve güvenilirliği oldukça önemlidir. Mevcut en hızlı yöntemdir.

Pasif Senkronizasyon: Ortak bağlantı noktasındaki parametreler izlenir ve ancak belirli aralıklarda olduğu zaman bağlantı sağlanır. Aktif senkronizasyona göre daha yavaştır.

Açık geçiş: Yapı olarak diğer iki yöneme göre basittir. Ada tarafında yükler devre dışı bırakılır. Dağıtılmış kaynaklar şebekeye bağlandıktan sonra yükler tekrar devreye alınır. Geçici kesinti gerektirir.

2.2. Yük Gereklilikleri ve Planlanması

Ada sistemi şebekeye kıyasla daha zayıf olduğundan dolayı yükler normale göre daha fazla etkide bulunurlar. Ada sistemindeki faz dengesizliğine özellikle dikkat edilmelidir. Faz-nötr veya faz-faz gerilimleri dengede olsa bile yük akımlarında önemli derecede faz dengesizliği olabilir. Tek fazlı yükler zamana göre ciddi değişiklikler gösterebilirler. %3'ün üstündeki gerilim dengesizlikleri hem evirici tabanlı dağıtılmış üretim sistemlerinde hem de dönen makinelerde sorunlara neden olabilirler. 3 fazlı dağıtılmış üretim ve

motorlar, dengesizlikten dolayı akan negatif bileşen akımları sonucunda zarar görürler. Bunun için ek koruma gerekebilir. Ada çalışmaya geçmeden önce kesinti olmuş ise, motor yol alması ve termostatik yüklerin eşzamanlı devreye girmeleri gibi olaylardan dolayı yük talebinde aşırı yükselme meydana gelebilir. Bunu önlemek için yükü kısımlara ayırmak ve motorlara yumuşak yol vermek gibi talep yönetim teknikleri gerekebilir.

Transformatörler: İzolasyon ve kuru tip aydınlatma trafoları, yeniden enerjilenme durumunda anma akımının 20-25 katına kadar başlangıç akımı talep edebilir. Bu durum aşırı akım korumalarını devreye sokabilir.

Motorlar: Ada sisteminin kısa devre gücü daha düşük olduğu için motor yol alması sırasında daha fazla gerilim düşümü olacaktır.

Yük Güç kalitesi: Ada sistemi daha zayıf olduğundan dolayı gerilim dalgalanması, harmonikler vb. güç kalitesi sorunları daha belirgin olacaktır. Faz dengesizlikleri kararlı halde %5-30 arası (faz-faz) ve geçici halde %100'e kadar gerçekleşebilir.

2.3. Şebeke Gereklilikleri ve Planlanması

2.3.1. Gerilim Regülasyonu

Dağıtım şebekesinde gerilim kontrolü regülatörler, şönt kapasitörler, yükte kademe değiştiriciler, statik/dinamik var kompanzatorleri, D-STATCOM ve senkron kondenseler gibi cihazlar ile yapılır. Planlama aşamasında bu cihazların tam bir envanterinin çıkarılması ve hesaba katılması gereklidir.

Ada çalışmada, bir dağıtılmış üretim kaynağı gerilimi düzenlemelidir. Bunun için varsa diğer dağıtılmış üretim kaynakları ve gerilim desteği veren cihazlar ile koordinasyon gerekmektedir. Gerilim regülatörleri, değişen güç akış yönüne uyum göstermelidir.

Evirici tabanlı kaynaklar için, akım kaynağı modu yerine gerilim kaynağı modu seçilmesi ada çalışma için daha uygundur. Bu mod senkron generatöre daha çok benzer ve aktif harmonik bastırılması ile gerilim kontrolü yeteneği sayesinde güç kalitesinin artırılmasına katkıda bulunur.

2.3.2. Frekans Regülasyonu

Ada çalışmada ana dağıtılmış üretim kaynağı salınım barası gibi (izokron kontrol) davranır ve yükten bağımsız olarak frekansı sabit tutar. Diğer dağıtılmış üretim kaynakları ise aktif gücü paylaşarak frekans desteği verirler. Ada sisteminin kararlı frekans aralığında çalışması yük takip kabiliyetine bağlıdır. Dağıtılmış üretim sistemleri frekans düşümüne bağlı yük atma düzenlerine entegre edilmelidir.

2.3.3. Koruma Koordinasyonu

Dağıtım sistemleri genellikle dağıtım tarafındaki üretim kaynaklarına uyumlu olarak tasarlanmamıştır. Bu sebepten dolayı dağıtılmış üretim içeren ada sistemlerine uygun şekilde hassaslık, zaman koordinasyonu ve yön ayarlamaları yapılmalıdır. DÜK arıza akımı katkısından dolayı koruma cihazlarının hassaslığı olumsuz etkilenmektedir.

Ada çalışmada ise DÜK kısa devre gücünün şebekeye göre çok düşük olması koordinasyonu bozmaktadır. Bu sebeple ada çalışmada tamamen farklı bir koruma stratejisi gerekmektedir. DÜK kısa devre akımı katkısı tam olarak belirlenmelidir. Evirici tabanlı DÜKlerin arıza akımı, senkron generatörlere göre baz olarak daha azdır. Eğer bir DÜK arıza akımı, hattın anma akımının 1-1,2 katı arasında ise büyük

olasılıkla korumada selektivite (koruma koordinasyonu) gerçekleşmeyecektir.

2.4. Dağıtılmış Üretim Gereklilikleri ve Planlanması

2.4.1. DÜ işletme planlaması:

Ada çalışma önleme içinde yer alan, düşük gerilim ve frekans ayarları, istemli ada çalışma ile ters düştüğünden dolayı değiştirilmesi gerekmektedir. Arıza kaynaklı gerilim çökmesi durumunda devreden çıkaracak olan düşük gerilim koruma ayarlarının değiştirilmesi veya iptal edilmesi uygun olabilir. Ayrıca ani yük değişimlerinden doğan gerilim bozulmalarında da devrede kalması gerekebilmektedir. Düşük gerilimde devrede kalabilme (LVRT) özellikle ana şebekedeki bir arızadan dolayı ayrılma geçiş sürecinde önemlidir.

2.4.2. DÜK Gerilim-Frekans Kontrolü ve Yük Paylaşımı:

Ada çalışmada gerilim regülasyonu, gerilim sarkması (droop) veya reaktif güç paylaşımı ile yapılabilir. Sarkma ada sistemine bağlı olacak, reaktif güç paylaşımı ise bir hızlı haberleşme sistemine ihtiyaç duyacaktır.

Gerilim sarkması metodu, reaktif yük arttıkça gerilim azalmasıdır. Gerilim sarkma karakteristiği, reaktif yükü eşit dağıtacak şekilde ayarlanmalıdır. Reaktif güç paylaşımı, her üretim kaynağının reaktif yük durumu bilgisinin diğerleri ile paylaşımını gerektirir. Böylece her kaynak kendi reaktif güç çıkışını ayarlayarak sistemi ortalama değerinde tutar. Bu yöntem hızlı haberleşme ve uygun kapalı çevrim kontrol algoritması gerektirir.

Benzer şekilde; gerilimde olduğu gibi frekans da, sarkma veya aktif güç paylaşımı ile kontrol edilir. Ek olarak izokron kontrol metodu ile bir generatör, salınım generatörü olarak görev yapar. Diğer kaynaklar bunu referans olarak sarkma yapacak şekilde aktif yük üretirler.

2.5. İstemli ada sistemine geçiş için sebepler

Olay sonucu manuel geçiş: Enerji fiyatları işletmecinin öz kaynaklar ile üretimi gerektirmesi, hava muhalefeti/tehdi sebebiyle önleyici ada çalışma, sistemde aşırı yüklenme/zorlanma kaynaklı önleyici ada çalışma neden olabilir.

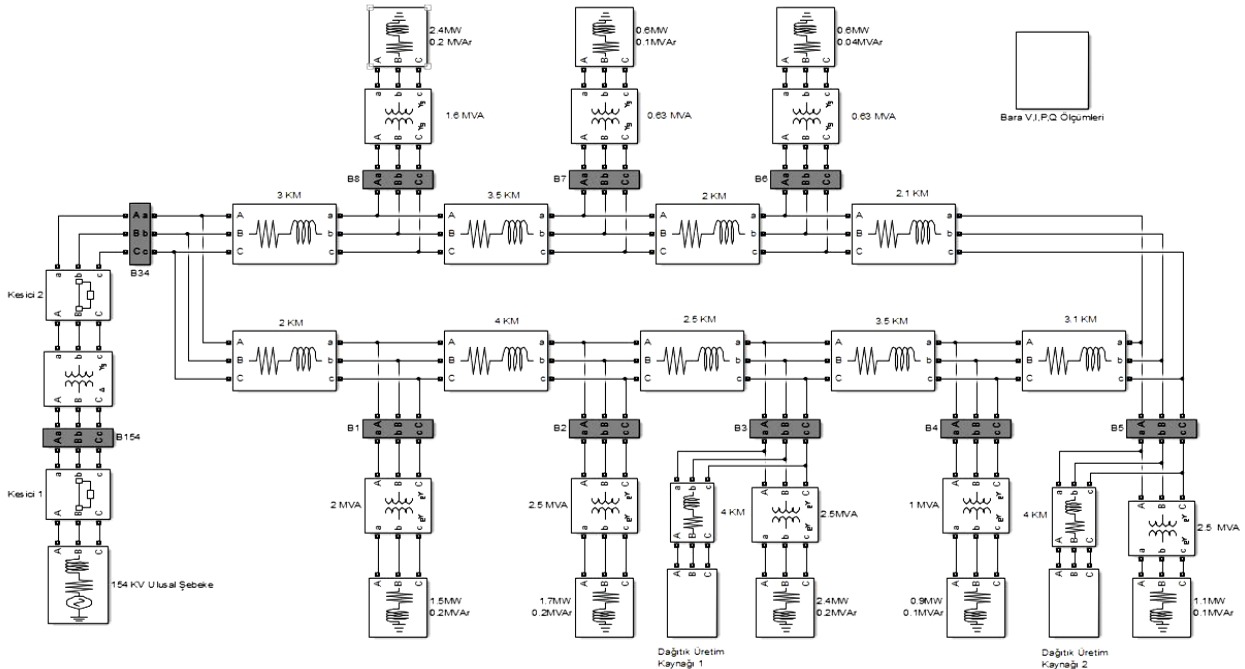
Olay sonucu otomatik geçiş: Enerji yönetim sistemindeki kontrol mekanizması, enerji fiyatlarından ötürü otomatik olarak öz üretime geçişe karar vermesi, DÜK enerji satışı, ana şebekedeki enerji kesintisi gibi sebeplerdir.

Programlı Otomatik veya manuel geçiş: Enerji maliyeti tasarrufu, DÜK ile enerji satışı, pik yük döneminde tekrar eden planlı yük atılması sıralanabilir.

3. Benzetim Çalışması

3.1. Benzetim Modeli

Matlab/Simulink üzerinde yapılan benzetim çalışmasında Şekil 1'de gösterilen Fethiye trafo merkezine (TM) bağlı olan kapalı halka (ring) dağıtım şebekesi esas alınmıştır [6]. 154 KV'luk ulusal şebekeye bağlı olan güç transformatörü gerilimi 34,5 KV orta gerilim dağıtım seviyesine düşürmektedir. Şebeke üzerinde dağıtım transformatörleri ise gerilim 400 V seviyesine çekerek yükleri beslemektedir. Şebekedeki toplam 26 km XLPE kablo seri RL modeli ile temsil edilmiştir. Bağlı toplam yük güçleri 11,2 MW ile 1,2 MVAR'dır. Aynı bağlantı noktaları üzerinden iki adet dağıtılmış üretim kaynağı bulunmaktadır. Kaynaklar yükseltici transformatörler ile 34,5 KV seviyesinden bağlanırlar.

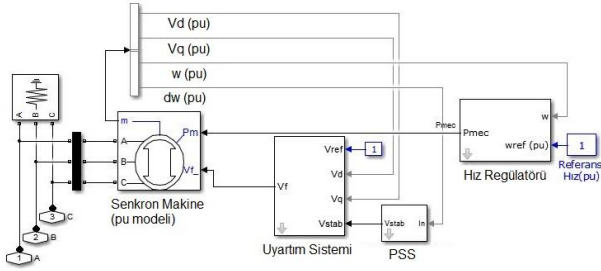


Şekil 1: Simulink test şebekesi modeli.

Benzetim çalışmasında ana amaç şebekeye paralel çalışma, istemli adaya geçiş ve ada çalışması sırasında sistemdeki bağlantı baraları üzerindeki gerilimleri gözlemlemektir. Bölgedeki DÜK'lerin güçleri, dağıtım sistemi yüklerini rahatça karşılayabildikleri varsayımına göre seçilmiştir. Ayrıca 10 MVA üzeri kaynakların müstakil hat üzerinden TM'lere bağlanması gerektiği kuralı da göz önüne alınmıştır.

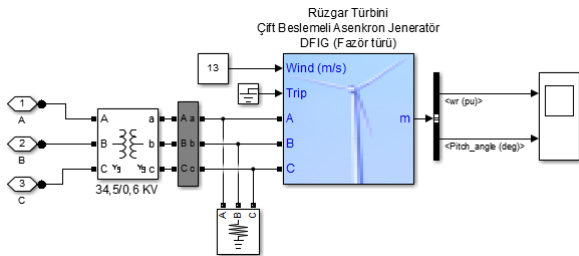
3.2. Dağıtılmış Üretim Modelleri

Dağıtılmış üretim kaynaklarının değişik karakteristiklerini karşılaştırmak amacı ile üç farklı ikili kombinasyon kullanılmıştır. İlk olarak ısının harekete dönüştüğü, hız ve uyarım regülatörü olan geleneksel senkron generatör(SG) tipi kullanılmıştır. Bu tür DÜK'ler genelde sanayi tesislerinde kojenerasyon veya elektrik satışı amaçlı kullanılırlar. Ağrılıklı yakıt türü doğalgaz olsa da fueloil, biyogaz vb. çeşitleri de mevcuttur. Bu DÜK modeli için Simpowersystems araç kiti üzerindeki per unit senkron makine modeli ile birlikte gerilim kontrolü için uyarım regülatörü ve frekansı sabit tutmak için hız regülatöründen faydalanılmıştır (Şekil 2). Kaynaklardan biri 8 MVA(B3), diğeri ise 6 MVA(B5) gücündedir. 6,3 KV çıkışları olup yükseltici trafolar ile 34,5 KV sisteme bağlanırlar.



Şekil 2: Simulink senkron generatör modeli.

İkinci olarak yenilenebilir enerji kaynaklı DÜK'leri temsilen çift beslemeli asenkron generatörlü(DFIG) rüzgâr türbini seçilmiştir. Rotorunun frekans dönüştürücü üzerinden değişken frekans ile beslenmesi sayesinde farklı rüzgâr hızlarında bile optimum güç ve gerilim çıktısı oluşur. Ayrıca, senkron generatörlü rüzgâr türbinlerin aksine görünür gücün 1/3'ü gücünde dönüştürücü gerektirmesi maliyeti azaltmaktadır. Simpowersystems'de en hızlı çözümü yapması ve daha gelişmiş kontrol seçenekleri olması sebebi ile DFIG fazör modeli seçilmiştir [7]. İki kaynak gücü de 6 MW'dır. Her kaynak 1 MW'lık türbinlerden oluşur ve 0,9 güç faktörüne kadar çalışabilmektedir. Kaynakları tam güç çıktısına yakın çalışmasına elverişli rüzgâr akışı olduğu kabul edilmiştir.



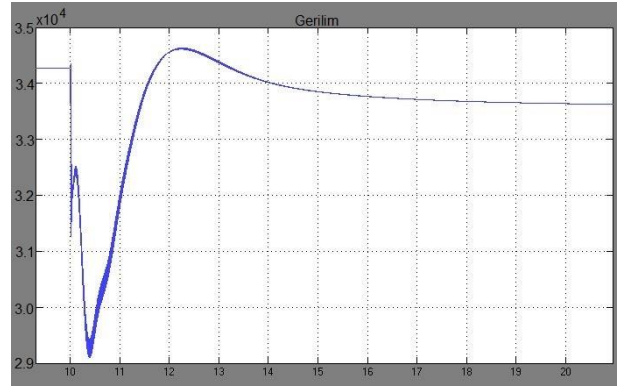
Şekil 3: Simulink DFIG rüzgâr türbini modeli.

Son olarak bu iki tip üretim karma olarak modele işlenmiştir.

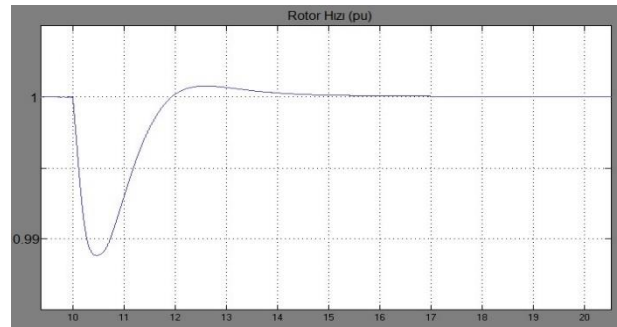
3.3. Benzetim Sonuçları

Tüm benzetimlerde model sistemin başlangıçta kararlı hale ulaşması için şebekeye paralel bir süre çalıştırılmıştır. Sonrasında kesicileri açarak ulusal şebeke bağlantısını kesmek sureti ile istemli ada çalışmasına geçirilmiştir. Verilerin sunulmasını kolaylaştırmak amacı ile B7 barası gerilim değişimini göstermek için kullanılmıştır.

İlk seferde ısıl hareket kaynağına bağlı çalışan senkron generatörlü DÜK ile benzetim yapılmıştır. İstemli ada çalışmaya geçiş sırasında ve sonrasındaki gerilim değişiklikleri Şekil 4'te görülmektedir. Ayrıca Şekil 5'te SG rotor hızı per unit olarak görülebilir. Şebekeden ayrılmanın gerçekleştiği 10. Saniyeden itibaren hızla %15 düşmüş ve yaklaşık yarım saniye içinde tekrar yükselmeye başlamıştır. Gerilimin etkin değerinin %10 altında kaldığı toplam süre 0,75 s civarındadır. Bu gecikmenin SG uyarım sistemlerinden kaynaklandığı söylenebilir. Sonrasında ise gerilim 33.6 KV değerine oturmaktadır. Frekans tarafından bakıldığında ise SG'nün rotor hızındaki düşüş 49,5 Hz(%1) sınırından dönmüştür (Şekil 5). Isı kaynaklı DÜK'lerde genellikle kullanılan gaz türbin veya motor sistemlerinin hızlı tepki verdiği için dolayı bu durum normaldir.



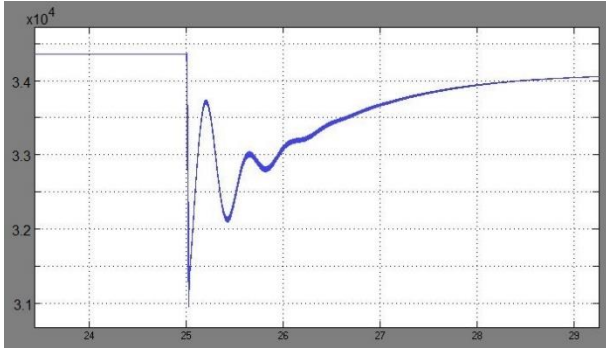
Şekil 4: İlk senaryoda B7 gerilim etkin değeri.



Şekil 5: İlk senaryoda senkron makine(B3) rotor hızı(pu).

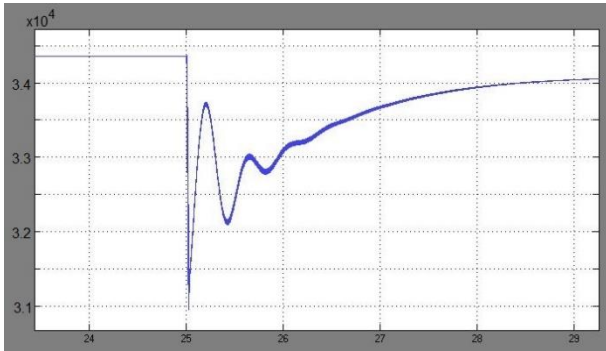
İkinci senaryoda, aynı benzetim DFIG rüzgâr türbini ile yapılmıştır. İstemli ada modu geçişi ve sonrasındaki gerilim değişimi Şekil 6'da görülmektedir. 3. saniyede bağlantının kesilmesinden sonra geçiş sırasındaki gerilim düşümü, bir öncekine göre daha düşük olsa da %10 sınırı altında geçen süre yaklaşık 0,6 saniyedir. DFIG'nin frekans dönüştürücü yapısı hızlı tepki vermesini sağlamış ve geçişten 2 s sonra kararlı gerilim değerine yakınsamıştır. Simulink'teki DFIG modelleri anma geriliminde 0,9 güç faktörüne kadar çalışabilmektedir. Bu sebeple bir gerilim düşümü sırasındaki reaktif güç desteği daha da sınırlıdır. DFIG'nin frekans

dönüştürücülü yapısı itibarı ile frekans değişim grafiğine gerek görülmemiştir.

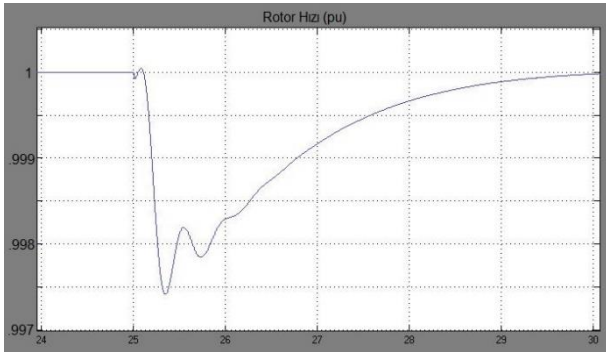


Şekil 6: İkinci senaryoda, B7 gerilim etkin değeri.

Son olarak, iki farklı tip DÜK karma olarak birlikte çalıştırılmıştır. 25. saniyede kesicilerin açılmış ve istemli ada çalışmaya geçilmiştir (Şekil 7). Geçiş sürecindeki gerilim düşümü önceliklere göre oldukça az biçimde %10 sınırının altına inmemiştir. Gerilimin kararlı değere ulaşması ise yalnızca DFIG olan senaryodan biraz daha fazla olarak 4 sn'de gerçekleşmiştir. Şekil 8'deki SG rotor hız değişimi grafiğinden görüldüğü üzere ilk senaryoya göre daha az biçimde %0.25(0,125 Hz) olarak gerçekleştirmiştir.



Şekil 7: 3. Senaryoda, B7 gerilim etkin değeri.



Şekil 8: 3. Senaryoda, senkron makine rotor hızı(pu).

Genel olarak bakıldığında, tüm senaryolarda geçişler büyük ölçüde kabul edilebilir sınırlar içerisinde olmuş ve sonrasında kararlı bir istemli ada sistemi oluşmuştur. DFIG'nin yarı iletken barındıran yapısı daha hızlı tepki vermesini sağlasa da toplam reaktif güç desteği SG'ye göre daha azdır. Karşılaştırma yapıldığında üç senaryo içinden iki kaynak tipinin karma olarak kullanıldığı 3. senaryo en olumlu gözükmetedir. DFIG'nin hızlı tepkisi SG'ye katkıda

bulunmuş ve aynı zamanda geçiş sürecindeki gerilim düşümü çok daha azaltılmıştır.

4. Sonuçlar

Bu bildiride, istemli ada çalışma kavramı tanıtılmış, ilgili gereklilikler tartışılmış ve uygulanabilirliği bir benzetim çalışması ile gösterilmiştir. Yapılan benzetim çalışması, her ne kadar iyimser varsayımlar altında yapılsa da uygun şartlarda istemli ada çalışmasının yapılabileceğini göstermektedir. Ayrıca benzetim çalışmasında değinilmeyen ada çalışmada koruma ve şebekeye yeniden bağlantı konuları da oldukça önemlidir. Aktif gücün doğrudan ayarlanamadığı rüzgâr ve güneş kaynaklı DÜK'ler için gelişmiş meteorolojik tahminler veya enerji depolama sistemleri kararlılığı ve planlı geçişi kolaylaştırır. Dünya genelinde yakın zamana kadar dağıtılmış üretim kaynaklarının arıza durumlarında devre dışı kalması istenirken, artık özellikle yenilebilir enerjinin payının artması sonucunda Almanya'da gerilim sınıra bile düşse bağlı kalmaları istenmektedir [8]. Bu durum DÜK'lerin şebekedeki rolünde bir değişimin habercisidir. Mevcut şebeke yönetmelikleri istemli ada çalışmaya olanak tanımasa da enerjide verimlilik ve yerlilik baskıları bu durumu değiştirecektir.

5. Kaynaklar

- [1] Çetinkaya, H. B. ve Dumlu, F., "Dağıtık Üretim Tesislerinin Şebeke Entegrasyonunda Yaşanabilecek Olası Problemler ve Entegrasyon Analizleri", Akıllı Şebekeler ve Türkiye Elektrik Şebekesinin Geleceği Sempozyumu, 2013
- [2] Celli, G. ve diğerleri, "Distributed Generation and Intentional Islanding: Effects on Reliability in Active Networks", *CIREN*, 2005
- [3] Caldon, R. ve diğerleri, "Feasibility Of Adaptive Intentional Islanding Operation of Electric Utility Systems with Distributed Generation", *Electric Power Systems Research*, Sayı 78, 2008
- [4] S&C Electric Company, "America's First Battery-Based Energy Storage System for Islanding Applications", *Case Study: Energy Solutions*, 2011, http://www.sandc.com/edocs_pdfs/EDOC_070188.pdf
- [5] IEEE, "IEEE Guide for Design, Operation, and Integration of Distributed Resource Island Systems with Electric Power Systems", *IEEE Std. 1547.4*, 2011
- [6] Çakal, G., "Dağıtılmış Üretime Sahip Elektrik Dağıtım Sistemlerinde, Arıza Akımı Sınırlayıcılarının ve Yerleşim Yerlerinin Etkilerinin İncelenmesi", *İTÜ Yüksek Lisans Tezi*, 2011
- [7] Matlab/Simulink Documentation, "Wind Turbine Doubly-Fed Induction Generator (Phasor Type)", <http://www.mathworks.com/help/physmod/sps/powersys/ref/windturbinedoublyfedinductiongeneratorphasortype.html>
- [8] Erlich, I. ve diğerleri, "Advanced grid requirements for the integration of wind turbines into the German transmission system", IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2006