

# Dağıtık Üretim Tesislerinin Şebeke Entegrasyonunda Yaşanabilecek Olası Problemler ve Entegrasyon Analizleri

## Possible Problems that may arise due to Grid Integration of Dispersed Generation and their Grid Integration Analyses

Hasan Basri ÇETİNKAYA<sup>1</sup>, Ferhat DUMLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SIEMENS A.Ş

[hasan.cetinkaya@siemens.com](mailto:hasan.cetinkaya@siemens.com)

<sup>2</sup>SUR ENERJİ

[ferhatdumlu@suryapi.com.tr](mailto:ferhatdumlu@suryapi.com.tr)

### Özet

Elektrik dağıtım şebekeleri, enerji üretimi entegrasyonu yapılacak şekilde dizayn edilmemiştir. Dağıtım şebekelerinin dizaynında güç akışı tek yönlüdür ve bir bölgeyi besleyen hat veya kablodaki açma o bölgeyi enerjisiz bırakır. Alternatif akım sistemlerinde bulunan reaktif gücün oluşturabildiği gerilim probleminin kontrolü tek yönlüdür.

Dağıtım sistemleri üzerinden gerçekleştirilecek üretim entegrasyonları, bazı olası problemleri beraberinde getirebilmektedir. Entegrasyon öncesi bu problemlerin tespit edilmesi, sistem işletmecisine, üretim tesisi sahibine ve dağıtım bölgesindeki kullanıcılara büyük fayda sağlayacaktır. Problemlerin tespiti elektriksel sistem analizleri yolu ile belirlenebilmektedir. Üretimin hangi noktadan dağıtım sistemine bağlanması gerektiği, gerilim ve güç kontrolünün nasıl yapılması gerektiği, fliker ve harmonik etkiler varsa bunların nasıl engellenebileceği, üretim tesisinin bağlandığı bölgede oluşturacağı kısa devre katkısı ve dağıtım sistemine etkileri bu analizler yolu ile belirlenip, gerekli önlemler sunulabilmektedir. Üretim tesisinin tipi de yapılan analizleri farklılaştırabilmektedir. Enerjinin yenilenebilir kaynaklardan sağlandığı durumda, kaynağın değişken oluşu, sistem bağlantısında kullanılan teknoloji, yapılan analizlerde ve değerlendirmesinde önem kazanmaktadır. Dağıtım sisteminde, üretim entegre edildikten sonra meydana gelebilecek adalaşmalar çok ciddi sonuçlar oluşturabilmektedir. Enerjinin kalitesi, enerjini mümkün olduğu kadar kesintisiz olması, dağıtım sistemine ve kullanıcılara olumsuz etkisinin olmaması ile ilgilidir. Dağıtım sisteminden gerçekleştirilen üretim entegrasyonları, enerjinin kalitesiz olmasına neden olmamalıdır.

Anahtar kelimeler: Dağıtık üretim entegrasyonu, microgrid, yenilenebilir enerji, elektriksel sistem analizleri.

### 1. Giriş

Elektrik enerji kalitesinin iki önemli parametresi bulunmaktadır. Bunlar, gerilim ve frekanstır. Frekansın +4% ve -6%'dan fazla değişimi, mekaniksel nedenlerden dolayı üretim santrallerinin devre dışı kalmasına neden olmaktadır. Şebeke yönetmeliğinde frekansa ait çalışma sahası +3% ve -5% olarak tanımlanmıştır (47,5-51,5 Hz). Gerilimde ise sürekli işletimde +/-10% değişime izin verilirken, kontrol, gerilimin +/- 5% değerini aştığında gerçekleştirilmektedir. Bu değerlerden de görülebileceği gibi, gerilimin ve frekansın içerisinde bulunması gereken limitler oldukça dardır.

Günümüzde dağıtım sistemlerine entegre edilen üretim tesislerinden genelde gerilim ve frekans kontrolü beklenmemektedir. Bu kontrolü iletim sistemindeki üretim tesisleri gerçekleştirmektedir. Ancak dağıtım sisteminden bağlanan üretim tesis sayısı arttıkça, gerilim ve frekans kontrolüne bu üretim tesislerinin de katılması beklenmektedir. Bunun yanında özellikle yenilenebilir enerji santrallerinde gerilimin çok düşmesi ya da yükselmesi otomatik gerilim kontrolüne geçmelerine neden olabilmektedir. Üretim tesislerinin, dağıtım sistemine entegrasyon gücü ve sayısı arttıkça, gelecekte "microgrid" olarak tanımlanan mikro ölçekte şebeke oluşumları da beklenmektedir. Bu yapılar enerji iletim ve dağıtım sisteminden bağımsız olarak çalışabilecek ada şebekeler olarak da tanımlanabilir. Bu tür yapılarda, gerilim ve frekans kontrolünün, ilgili enerji adasında bulunacak üretim tesisleri tarafından sağlanması gerekir. Bu nedenle, dağıtım sisteminden entegre edilecek üretim tesislerinin, gerilim ve frekans kontrolü yapabilecek düzeyde olması tavsiye edilmektedir. Ayrıca microgrid yapısı olmasa bile, reaktif gücün ve/veya gerilimin kontrol edilmesi, dağıtım sistemindeki reaktif güç ve gerilim probleminin yok edilebilmesine, hat kayıplarının azaltılabilmesine imkan vermektedir.

## 2. Dağıtık Üretim Tesislerinin Şebeke Entegrasyonları ve Olası Problemler

Dağıtık üretim tesislerinin şebeke entegrasyonları iyi analiz edilmediğinde ve tesisler doğru bir şekilde kurulmadığında, dağıtım sistemi ve kullanıcılar için bazı problemler oluşturabilmektedir. Can ve sistem güvenliği açısından bu entegrasyonların iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Bu konuda uluslar arası kabul görmüş yönergeler de bulunmaktadır [1,2]. Dağıtık üretim tesislerinin şebeke entegrasyonlarında oluşabilecek problemler aşağıda sıralanmıştır.

- MW seviyesindeki üretim birimlerinin dağıtım sistemine bağlantısında uzun hatlar kullanılabilir. Bu uzun hatlarda kesit uygun seçilmediğinde, hem üretim tarafında hem dağıtım sistemine bağlanılan noktada gerilim yükselmesi yaşanabilmektedir. Bu gerilim yükselmesi miktarı, hattın kesitine, paralel sistem sayısına, bağlanılan dağıtım noktasına ve üretilen enerjinin miktarına bağlıdır. Gerilimin üretim tarafında yükselmesi, reaktif güç üretimini sınırlamakta, gerilimin düşürülmesi için dağıtım sisteminden reaktif güç çekilmesine neden olabilmektedir. Ayrıca sistem kayıplar açısından da değerlendirilmelidir.
- Enerji üretimleri, bağlandıkları baraya kısa devre katkısı gerçekleştirirler. Bu katkı iyi hesaplanmazsa, üretim tesislerinin kısa devre katkısı ile ilgili baranın dizayn değeri aşılabılır.
- Tek yönlü enerji akışına göre dizayn edilen dağıtım sistemleri, enerji üretiminin entegrasyonu ile çift yönlü değişken güç akışı sistemlerine dönüşebilir. Enerji üretim tesislerinin entegrasyonu, bağlandığı bölgeye göre güç akışlarını değiştirebilecek nitelikte olabilmektedir. Güç akışı değiştiğinde de hem reaktif güç kontrol yapısı farklılaşır hem de dağıtım sistemine ait koruma koordinasyonu değişir.
- Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarında kullanılan konverter yapıları, sistemde harmonik akımların yükselmesine ve fliker oluşumuna neden olabilir. Birçok gelişmiş teknolojiye, harmonik ve fliker standartlar çerçevesinde sınırlanmış olmakla birlikte, bağlanılan noktadaki kısa devre gücüne ve güç iletimi mesafesine bağlı olarak analiz edilmesi gerekebilir.
- Dağıtık üretim tesislerinin en büyük risklerinden biri de belli bir tüketim bölgesi ile adalaşma riskidir. Dağıtım sisteminde oluşan bir kısa devre sonucu bu tür bir adalaşma oluşabilir. Şu anki dağıtım sistemi yapısı düşünüldüğünde, adalaşma yapıda frekans ve gerilim etkin olarak kontrol edilemeyeceğinden önemli yalıtım ve mekanik problemlerin görülme riski oluşabilir. Bu da can ve sistem güvenliği açısından risk oluşturabilir. Ayrıca adalaşma büyük ihtimalle işletme toprağını da devre dışı bırakacağından, faz toprak arızası durumunda arıza olmayan fazlarda ciddi gerilim yükselmeleri oluşacaktır.
- Dağıtım sistemlerinde tekrar kapama gerçekleştiren yapılar bulunuyorsa, bu sistemlerin ilgili üretim birimleri

ile uyumlu çalışma koşulları ve oluşabilecek riskler saptanabiliyor olmalıdır.

- Sisteme bağlantı noktasında başka üretim tesislerinin olup olmadığı, değerlendirmenin doğru yapılabilmesi açısından kritik olabilir.

## 3. Üretim Tesislerinin Entegrasyonlarında Gerçekleştirilmesi Gereken Analizler

Dağıtım sistemine gerçekleştirilecek üretim entegrasyonlarında, birçok ülkenin farklı yönetmelik yapıları bulunmaktadır. Gerçekleştirilmesi gereken analizler belirlenirken, üretim sisteminin tipi, uygulanacak bölge ve gücün iletileceği hat mesafesi gözetilmektedir. Bazı ülkelerin oluşabilecek riskleri hesaplayan ampirik formülleri de bulunmaktadır [1,2]. Genel olarak gerçekleştirilmesi gereken analizler ve bu analizlerin hangi problemleri çözebileceği aşağıda tanımlanmıştır.

- **Yük Akışı Analizi:** Yük akışı analizinin amacı, olası değişken yük durumlarında, güç akışlarını, yüklenmeleri, bara gerilimlerini incelemektir. Bu analiz sonucunda, baralarda oluşabilecek gerilim yükselmeleri, kablo ve transformatörlerde oluşan yüklenmeler, yön değiştirebilecek güç akışları, üretim tesisinin reaktif güç kapasitesi gibi birçok konu izlenebilir.
- **Kısa Devre Analizi:** Kısa devre analizinin amacı, dağıtım sistemine bağlanılan noktada, üretim tesisi baralarında ve komşu baralarda oluşan kısa devre seviyelerini incelemek ve dizayn değeri ile karşılaştırmaktır. Ayrıca kabloların, hatların dayanım sınırları hesaplanabilir ve koruma koordinasyonu açısından önemli sonuçlara ulaşılabilir.
- **Harmonik ve Fliker Analizi:** Özellikle konverter sistemini kullanan yapılarda ihtiyaç duyulmasına rağmen, klasik üretim birimlerinin de analiz edilmesi gerekebilir. Analiz sonucunda, ilgili üretim biriminin dağıtım sisteminde oluşturduğu harmonik bozunum ve fliker şiddeti hesaplanıp, ilgili standartlara göre kontrol edilebilir. Aynı analizin içeriğinde, sistemde oluşabilecek rezonans durumları da sorgulanabilir.
- **Dinamik Analizler:** Bu analizler ileri seviye analizler olarak nitelendirilir. Özellikle bazı kritik kurulumlarda, sistemin dinamik tepkisini incelemek için dinamik analizler gerçekleştirilir. Benzer şekilde iletim sistemine bağlanan santrallerde ve şebeke yönetmeliği kapsamına giren (>10MW) santrallerde de, oluşturulan aktif ve reaktif güç tepki hızının belirlenebilmesi için dinamik analizler gerçekleştirilir. Adalaşma durumlarında oluşacak frekans ve gerilim tepkisi de bu analizler yolu ile zamana bağlı olarak izlenebilir.
- **Topraklama Analizleri:** Kurulan sisteme ait işletme ve koruma topraklama sistemlerinin dizaynı ve kontrolü amacıyla gerçekleştirilir.
- **Yalıtım Koordinasyonu Analizleri:** Olası aşırı gerilimlerde sistem ekipman dayanımlarının uygunluğunu sorgulamak üzere gerçekleştirilir. Aşırı gerilimler anahtarlama esnasında, arızalarda ve sistem

ayrılmalarında meydana gelebilir. Ayrıca rüzgar parkında yaşanacak olası yıldırım durumları da değerlendirilir.

#### 4. Bağlantı Esasları ile İlgili Yönetmelikler ve Yönergeler

İletim seviyesinden gerçekleştirilecek entegrasyonlarda şebeke yönetmeliği, dağıtım seviyesinden gerçekleştirilecek entegrasyonlarda dağıtım yönetmeliği geçerlidir. Ayrıca üretim entegrasyonu dağıtımdan gerçekleştirilecek de olsa, iletim sistemini etkileyeceğinden iletim sistemi açısından da değerlendirilmesi gerekir. Dağıtım sisteminden gerçekleştirilecek üretim entegrasyonlarında, dağıtım şirketlerinin bazı teknik kriterleri de bulunmaktadır. Bu yönetmelik, tebliğler, sunumlar ve uygulamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği [3]
- Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği [4]
- Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliği [5]
- Elektrik Piyasasında İletim ve Dağıtım Sistemlerine Bağlantı ve Sistem Kullanımı Hakkında Tebliğ [6]
- Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik [7]
- TEDAŞ tarafından gerçekleştirilen “Dağıtım Sisteminde Santral Bağlantıları” sunumları [8,9]
- TEDAŞ Yönetim Kurulu kararları, imzalanan protokoller
- Dağıtım Şirketi Uygulamaları

Dağıtım sistemi tarafında, bu yönetmelik, tebliğ ve sunumların tek amacı, sistem planlamasında teknik olarak talebin karşılanması, teknik kalitenin yükseltilmesini, tedarik sürekliliğinin artırılmasını, iletim sistemleri ile bütünlük sağlanmasını gerçekleştirebilmektir. Tüm bu konuların sağlanıp sağlanmayacağına tespiti için, bazı sistem analizlerinin gerçekleştirilmesi mümkündür.

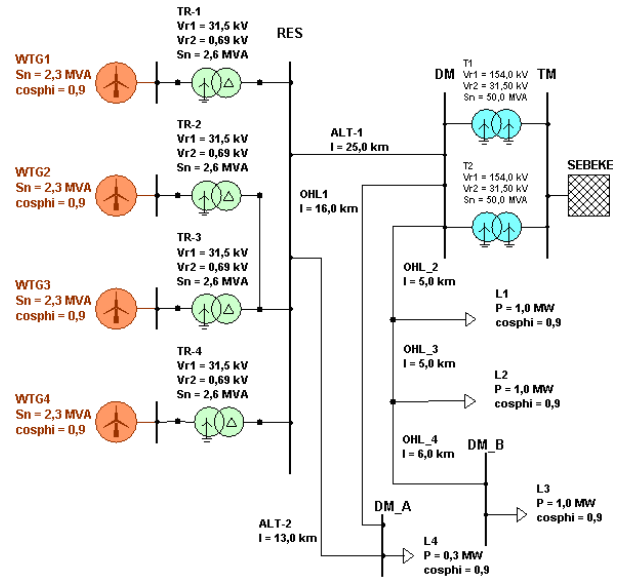
#### 5. Örnek bir Üretim Entegrasyonunda Elde Edilen Analiz Sonuçları

Bu bölümde örnek bir tesis üzerinde gerçekleştirilen ön analiz çalışmalarına değinilmiştir. Bu analizler, şebeke entegrasyonunda, üretim tesisi sahibinin ve dağıtım sistemi operatörünün maksimum faydasını sağlayacak bağlantı konfigürasyonunun belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. İleri seviye analizler sayılabilecek diğer analiz sonuçlarına bu bildiriye değinilmemiştir. İleri analizlerin yapıp yapılmamasına, tesisin gücü, lokasyonu, ilgili bölgedeki enerji tüketim değerleri ve üretim tipine göre karar verilebilmektedir.

Bu bölümde incelenen tesis, dağıtım sistemi barası üzerinden entegrasyonu gerçekleştirilecek bir rüzgar enerjisi santrali. Gizliliğin korunması amacıyla tesis ismi bildirilmemiştir. Gerçekleştirilen analizlere ve önemli sonuçlarına değinilmiştir. Gerçekleştirilen analizde SIEMENS firmasının SINCAL 9.0 güç sistemleri analizi programı kullanılmıştır.

##### 5.1. Örnek Sisteme ait Veriler

Dağıtım sistemine entegre olacak rüzgar parkının, güç sistemleri analiz programına kurulan yapısı şekil 1’de verilmiştir. Dağıtım sistemi bağlantısında 2 farklı alternatif mevcuttur. Bu alternatiflerden biri daha kısa bir havai hatı kullanarak bir dağıtım barasına bağlantı iken, diğer alternatif daha uzun bir havai hat yolu ile iletim sistemi bağlantı noktasındaki dağıtım barasına bağlantıdır.



Şekil 1. SINCAL programında kurulan sistem.

Senaryolarda yük ve üretim durumu oldukça önemlidir ve analiz sonuçlarını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle incelenen konfigürasyonlarda farklı üretim ve yük durumları da değerlendirilmiştir. İlgili analizde 20 farklı senaryo incelenmiştir. İncelenen durumlar aşağıda özetlenmiştir.

- Oluşan gerilim düşümleri/gerilim yükselmeleri
- Hat, trafo, kablo yüklenmeleri
- Kayıpların hesaplanması
- Baralarda oluşan kısa devre seviyeleri
- Hat ve kablolardaki kısa devre dayanımları

## 5.2. Analiz Sonuçları

Gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre baralarda izlenen gerilim değişimleri çizelge 1 ve çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Minimum yük durumu için 3/0 AWG hat ile bağlantı durumunda oluşan gerilim değişimleri

Senaryolar	Bara Gerilimleri (V/Vn) - %					
	25 km (Alternatif-1)			13 km (Alternatif-2)		
	Tam kapasitif	Tam endüktif	*0’ reaktif güç	Tam kapasitif	Tam endüktif	*0’ reaktif güç
RES	105,31	98,64	107,21	105,51	104,12	108,15
DM	100,31	99,57	100,52	100,25	100,11	100,51
DM_A	100,31	99,57	100,52	102,98	102,12	104,62
DM_B	99,87	99,13	100,09	99,81	99,67	100,07

Çizelge 1.’den de görüldüğü gibi, 9 MW gücün iletildiği durumda, rüzgar parkı barasında gerilim yükselmesi görülmektedir. Gerilim yükselmesinin nedeni, gücün uzun bir hat boyunca taşınma zorunluluğu ve yakınında önemli bir tüketici bulunmamasıdır. Sistem trafo merkezindeki dağıtım barasına bağlanmayıp, daha yakındaki dağıtım barasına bağlandığında, bu gerilim yükselmesinden diğer tüketicilerin de etkilenebileceği söylenebilir. Dağıtım sisteminden entegre olacak rüzgar enerjisi entegrasyonlarından genelde reaktif güç desteği beklenmemektedir. Ancak reaktif güç desteği beklediği durumda, yüksek olan bara gerilimi nedeniyle reaktif gücün üretilip dağıtım sistemine aktarılması bu konfigürasyonda mümkün değildir.

Gerilim yükselmesinin önlenmesinin çözümü hat mesafesini elektriksel olarak kısaltmaktır. Bu da daha büyük hat kesiti kullanılarak ve/veya paralel sistem sayısının artması ile mümkündür. Alternatiflerde 3.0 AWG yerine çift devre 477 MCM hat kullanıldığında elde edilen sonuçlar Çizelge 2’de bildirilmiştir.

Çizelge 2. Minimum yük durumu için çift devre 477 MCM hat ile bağlantı durumunda oluşan gerilim değişimleri

Senaryolar	Bara Gerilimleri (V/Vn) - %					
	25 km (Alternatif-1)			13 km (Alternatif-2)		
	Tam kapasitif	Tam endüktif	*0’ reaktif güç	Tam kapasitif	Tam endüktif	*0’ reaktif güç
RES	103,00	98,07	101,73	104,75	98,40	105,49
DM	100,83	99,80	100,57	100,44	99,85	100,53
DM_A	100,83	99,80	100,57	104,31	99,41	104,88
DM_B	100,40	99,35	100,13	100,00	99,21	100,10

Çizelge 2’den görüldüğü gibi, özellikle 1. alternatifin kullanıldığı durumda, gerilim yükselmesi problemi önemli ölçüde giderilmiştir. Alternatif-2 daha kısa gibi görünmesine karşın, 13 km’nin sonunda başka bir 16 km hat bulunmaktadır. Alternatif-2’de oluşturulan çift devre 477 MCM sadece 13 km için geçerli olup, 16 km’lik hat dağıtım sistemine ait olduğundan 3.0 AWG tek devredir. Bu nedenle 1. alternatif, 2. alternatife göre daha avantajlı konuma gelmektedir.

Alternatifler kısa devre açısından değerlendirildiğinde ise aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır. Tablolardaki “maksimum” sütunu, 154 kV barada dizayn değerine (31,5 kA) çıktığı durumdaki kısa devreyi, “gerçek” sütunu ise 154 kV baradaki gerçek maksimum kısa devre değerine göre hesaplanmış değeri göstermektedir.

Çizelge 3. 3/0 AWG hat ile bağlantı durumunda oluşan maksimum kısa devre değerleri

Senaryolar	Kısa devre dayanımı (kA)	3 faz maksimum kısa devre başlangıç akımı I <sub>k</sub> (kA)			
		25 km (Alternatif-1)		13 km (Alternatif-2)	
		Maksimum	Gerçek	Maksimum	Gerçek
RES	16	1,73	1,67	1,54	1,50
DM	16	16,18	10,74	16,17	10,74
DM_A	16	2,18	2,04	2,44	2,30
DM_B	16	2,18	2,04	2,18	2,04

Çizelge 4. Çift devre 477 MCM hat ile bağlantı durumunda oluşan maksimum kısa devre değerleri

Senaryolar	Kısa devre dayanımı (kA)	3 faz maksimum kısa devre başlangıç akımı I <sub>k</sub> (kA)			
		25 km (Alternatif-1)		13 km (Alternatif-2)	
		Maksimum	Gerçek	Maksimum	Gerçek
RES	16	4,63	4,08	3,56	3,24
DM	16	16,21	10,77	16,20	10,77
DM_A	16	3,67	3,31	3,52	3,20
DM_B	16	2,18	2,04	2,18	2,04

Çizelge 3 ve çizelge 4 incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşmak mümkündür.

- 154 kV tarafındaki dizayn değeri kullanıldığında, 34.5 kV baraların dizayn değeri olan 16kA değerine ulaştığı görülmektedir. Ancak burada rüzgar santralinin 31,5 kV baraya katkısı oldukça düşüktür. Burada asıl katkıyı TM ve DM arasında bulunan ve paralel çalışan 2 adet trafo oluşturmaktadır. 34.5 kV barada rüzgar türbinlerinin kısa devre katkısını, türbinlerin tipi de değiştirmektedir. Rüzgar türbinlerinin tam ölçekte konverter yapısında olması ya da DFIG tipinde olmalarına göre kısa devre katkıları farklı olmaktadır. Tam ölçekte frekans konverterine sahip rüzgar türbinlerinin kısa devre katkısı yaklaşık nominal akımları kadar olurken, DFIG tipi generatörlerde orta gerilim barada bu katkı nominal’in 3-4 katına kadar çıkabilmektedir. Dizaynda bu unsurların da değerlendirilmesi gerekir.
- 154 kV barada gerçek kısa devre değerleri değerlendirildiğinde, RES barasındaki kısa devre değerinin, 477 MCM çift devre kullanıldığında büyüdüğü görülmektedir. Ancak bu değer RES barasının dizayn değerinden oldukça uzaktır. Bu nedenle herhangi bir problem görünmemektedir.
- Rüzgar türbinlerinin bağlandığı noktada şebeke kalitesine etkileri, bağlandıkları noktadaki minimum kısa devre değerinden oldukça etkilenmektedir. Eğer bu değer çok

düşükse türbinlerin bağlanamama durumu bile oluşabilmektedir. Bu nedenle rüzgar türbini üreticileri tarafından, kısa devre seviyesinin belirli bir değerin üzerinde olması beklenir. Bu durum da kullanılacak türbin tipine göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu nedenle çift devre 477 MCM kullanılması, ilgili noktada kısa devre seviyelerinin aşılma riski oluşmadığı durumda, avantajlı konuma gelmektedir.

Alternatifler kayıplar açısından da değerlendirildiğinde, aşağıdaki sonuçlar oluşmaktadır. Dağıtım sistemleri tarafından kayıplar değerlendirilirken, genelde rüzgar türbinin çıkış noktasında değil (RES), dağıtım sistemine entegre oldukları noktada (DM) değerlendirilmektedir. Bu nedenle çizelge 5 ve çizelge 6'da bu koşula göre değerlendirilme yapılmıştır.

**Çizelge 5.** Maksimum yük durumu için 3/0 AWG hat ile bağlantı durumunda oluşan kayıplar

Senaryolar	Kayıplar (MW)					
	25 km (Alternatif-1)			13 km (Alternatif-2)		
	Tam kapasitif	Tam endüktif	"0" reaktif güç	Tam kapasitif	Tam endüktif	"0" reaktif güç
<b>Aktif Güç Kayıpları (MW)</b>						
ALT-1	0,650	1,113	0,634	-	-	-
ALT-2	-	-	-	0,340	0,570	0,325
OHL1	-	-	-	0,391	0,673	0,373
<b>TOPLAM</b>	<b>0,650</b>	<b>1,113</b>	<b>0,634</b>	<b>0,731</b>	<b>1,243</b>	<b>0,698</b>

**Çizelge 6.** Maksimum yük durumu için çift devre 477 MCM hat ile bağlantı durumunda oluşan kayıplar

Senaryolar	Kayıplar (MW)					
	25 km (Alternatif-1)			13 km (Alternatif-2)		
	Tam kapasitif	Tam endüktif	"0" reaktif güç	Tam kapasitif	Tam endüktif	"0" reaktif güç
<b>Aktif Güç Kayıpları (MW)</b>						
ALT-1 (477 MCM no:1)	0,062	0,098	0,060	-	-	-
ALT-1 (477 MCM no:2)	0,062	0,098	0,060	-	-	-
ALT-2 (477 MCM no:1)	-	-	-	0,030	0,054	0,029
ALT-2 (477 MCM no:2)	-	-	-	0,030	0,054	0,029
OHL1	-	-	-	0,406	0,731	0,396
<b>TOPLAM</b>	<b>0,124</b>	<b>0,196</b>	<b>0,120</b>	<b>0,466</b>	<b>0,839</b>	<b>0,454</b>

Çizelge 6'dan görülebileceği gibi özellikle reaktif güç üretim ve tüketiminin olmadığı durumda ("0" reaktif güç), 25 km'lik alternatifte, çift devre 477 MCM kullanıldığı durumda kayıplar 5 kat azalmaktadır. Bunun nedeni daha yüksek kesitli bir iletkenin çift devre olarak kullanılmasıdır. Böylece eşdeğer empedans oldukça düşmektedir.

## 6. Sonuçlar

Bu bildiriye dağıtık üretim tesislerinin şebeke entegrasyonlarında yaşanabilecek olası problemlere değinilmiş ve uygulanabilecek entegrasyon analizleri tanıtılmıştır. Ayrıca örnek bir sistem üzerinde gerçekleştirilen analiz sonuçlarına değinilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır. Dağıtım sistemlerinin, gücün sadece dağıtım için tasarlandığı, üretim sistemlerinin entegrasyonuna uygun dizayn edilmediği bilinmektedir. İletim sisteminden gerçekleşecek üretim entegrasyonları da incelenmeye değer olmakla birlikte, özellikle dağıtım sisteminden gerçekleşecek olan üretim entegrasyonlarında doğru analizler gerçekleştirilip, doğru önlemler alınmadığı takdirde, enerji kalitesini bozucu, can ve ekipman güvenliğini tehlikeye düşürecek, üretilen gücün yeteri kadar verimli kullanılmamasına neden olabilecek sonuçlar ile karşılaşılması muhtemeldir. Kurulacak üretim sisteminin tipine ve büyüklüğüne göre gerekli analizlerin yapıp, uygun entegrasyon alternatiflerinin değerlendirilmesi ve sistemi bozucu etkileri varsa, entegrasyon öncesi gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

## 7. Kaynaklar

- [1] IEEE Application Guide for IEEE Std 1547™, IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems, IEEE Std 1547.2™-2008.
- [2] IEEE Recommended Practice for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems Distribution Secondary Networks, IEEE Std 1547.6™-2011.
- [3] Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği, [www.epdk.gov.tr](http://www.epdk.gov.tr)
- [4] Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği, [www.epdk.gov.tr](http://www.epdk.gov.tr)
- [5] Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliği, [www.epdk.gov.tr](http://www.epdk.gov.tr)
- [6] Elektrik Piyasasında İletim ve Dağıtım Sistemlerine Bağlantı ve Sistem Kullanımı Hakkında Tebliğ, [www.epdk.gov.tr](http://www.epdk.gov.tr)
- [7] Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik, [www.epdk.gov.tr](http://www.epdk.gov.tr)
- [8] Sakarya O. "Dağıtım Sisteminde Santral Bağlantıları" sunumu, TEDAŞ.
- [9] Dağıtım tesislerine bağlanacak üretim santralleri için fider kriterleri, TEDAŞ