

RÜZGÂR ENERJİSİNDE KULLANILAN ASENKRON JENERATÖRLER

¹Meltem APAYDIN

²Arif Kıvanç ÜSTÜN

³Mehmet KURBAN

⁴Ümmühan BAŞARAN FİLİK

Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
26555, ESKİŞEHİR

¹e-posta: meltemapaydin@anadolu.edu.tr, ²e-posta: akustun@anadolu.edu.tr
³e-posta: mkurban@anadolu.edu.tr, ⁴e-posta: ubasaran@anadolu.edu.tr

ÖZET

Günümüzde dünyamızın bulunduğu enerji dar boğazında, yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç artmaktadır ve bu yeni aynı zamanda temiz enerjilerden olan rüzgâr enerjisine olan ilgi ve yatırımlarda gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Böylece rüzgâr enerjisi dönüşüm sistemleri yaygınlaşmaktadır. Rüzgâr enerjisinden yararlanarak mekanik enerjinin elektriksel enerjiye dönüştürülmesinde kullanılan jeneratör sistemlerinin önemi büyüktür. Bu çalışmada rüzgar enerjisinde kullanılan asenkron jeneratörler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rüzgâr enerjisi, Rüzgar Türbini, asenkron jeneratör

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Artan dünya nüfusu, teknolojinin gelişimi, sanayileşme yarışı son yıllarda enerjiye olan bağımlılığı ve ihtiyacı belirgin bir şekilde artırmıştır. Fosil yakıtların azalması, iklim değişikliği gibi önemli ekolojik nedenler, mevcut enerji kaynaklarının verimli kullanılmasını ve yeni enerji kaynaklarının bulunmasını zorunluluk haline getirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr enerjisi özellikle son yıllarda ilgi görmekte ve gelişmektedir. Örneğin dünya çapında 50'den fazla ülkede enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Son 15 yılda ortalama %25 büyüme hızı göstermiştir.

Rüzgâr türbinleri, rüzgârdaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bu teknoloji, aerodinamik, meteoroloji, mekanik, elektrik gibi birçok konuyu içinde barındırır. Bu çalışmada rüzgâr türbinlerinde kullanılan asenkron jeneratör tipleri incelenmiştir.

2. RÜZGÂR ENERJİSİ KULLANIM AMAÇLARI

Rüzgâr enerjisi günümüzde en çok gelecek vadeden teknolojilerden bir tanesidir. Bu nedenleri şöyle sıralayabiliriz:

- Öncelikle rüzgâr enerjisi temizdir. Gürültü kirliliği haricinde herhangi bir çevre kirliliği

yaratmaz. Modern bir 600kW gücündeki bir rüzgâr türbini ortalama bir yerde, bir yılda genellikle kömürle çalışan diğer elektrik santrallerinin 1200 ton karbondioksitinin yerine geçecektir.

- Rüzgâr enerjisi boldur ve tükenmez bir enerji kaynağıdır.
- Enerjide dışa bağımlılığımızı azaltacak şekilde yerli bir kaynaktır.
- Rüzgâr enerjisi tesisleri kuruldukları alanın %1'lik bölümünü kullanırlar.
- Rüzgâr türbinleri kuruluşu sırasında harcanan enerjinin 3 ay gibi kısa bir sürede üretilebilmesi, özellikle Türkiye gibi kısa dönemde enerji talebi olan ülkeler için önemli bir faktördür.
- Rüzgâr türbinlerinin güçleri birkaç kW'tan birkaç MW'a kadar değişebilir. Örneğin 1-3 MW'lık kapasiteye sahip olan 25türbin ile yılda yaklaşık 20GWh'lık enerji üretilebilmektedir. Bu da orta büyüklükteki bir hidroelektrik santralinin ürettiği enerjiye eşittir.

3. RÜZGÂR TÜRBİNLERİNDE KULLANILAN JENERATÖRLER

Rüzgâr enerjisi tesislerinde kullanılan jeneratörler, alternatif akım veya doğru akım jeneratörleri olabilir. Burada elde edilen elektrik akımı, yetersiz kalitede alternatif akım veya doğru akım bile olsa, çeşitli güç elektroniği düzenekleriyle şebekeye uygun hale getirilebilir.

Doğru akım jeneratörleri, büyük güçlü rüzgâr enerjisi tesislerinde tercih edilmemektedir. Bunun nedeni, sık bakım gereksinimi ve alternatif akım jeneratörlerine göre daha pahalı olmasıdır. Doğru akım jeneratörleri, günümüzde sadece küçük güçlü rüzgâr enerji tesislerinde akülere enerji depolamak için kullanılır. Direkt şebekeye bağlantı sistemlerinde, alternatif akım jeneratörlerini oluşturan asenkron veya senkron jeneratörler kullanılmaktadır.

Asenkron Jeneratör

- a) Sincap Kafesli Asenkron Jeneratör (SKAG)
 - b) Rotoru Sargılı Asenkron Jeneratör (RSAG)
- Çift Beslemeli Asenkron Jeneratör (ÇBAG)

-OptiSlip® Jeneratör (OSG)

Senkron Jeneratör

a) Rotoru Sargılı (Alan Sargılı) Senkron Jeneratör (RSSG)

b) Sürekli Miknatıslı Senkron Jeneratör (SMSG)

Doğru Akım Jeneratörü

Anahtarlı Relüktans Jeneratör (ARG)

4.ASENKRON JENERATÖRLER

Son yıllarda asenkron jeneratörler enerji üretim sektöründe özellikle rüzgâr türbinlerinde oldukça fazla kullanılır. Bu jeneratörlerin ulusal ve uluslar arası standartlara uygun olması gerekir (TS 3067, IEC 34-1, IEC 34-2, IEEE Standart 112-2004, VDE 0530).

Bir asenkron makine, jeneratör çalışmada makinenin güç kaynağı rotordan alınan mekanik güçtür. Asenkron jeneratörün statoru üç faz grubundan müteşekkil birçok sarıma yataklık yapar. Bu üç grup sargı fiziksel olarak stator etrafına yayılmıştır. Bu sargılar üzerindeki akım akışından dolayı rotor etrafında, çevresinde dönen bir manyetik alan oluşur ki bu manyetik alan asenkron makinenin en önemli çalışma özelliğini oluşturur.

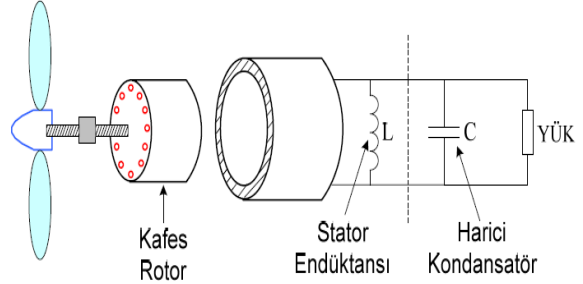
Rotor akımı ile stator akısı arasındaki etkileşim bir momente neden olur. Eğer rotora bir rüzgâr türbinine bağlarsak ve senkron hızdan daha yüksek bir hızda döndürürsek, rotorda indüklenen akım ve momentin yönü motor çalışma durumuna göre ters yönde olur. Bu durumda makine jeneratör olarak çalışır. Türbinin mekanik gücünü elektrik gücüne çevirir ve stator uçlarına bağlı yükü besler. Eğer makine şebekeye paralel olarak çalışıyor ise şebekeye güç temin edecektir. [10]

Yani makinenin jeneratör olarak çalışabilmesi için senkron hızdan daha yüksek bir hızda döndürülmesi gerekir. Asenkron makinelerde stator ile rotor arasında elektriksel bir bağlantı olmayıp, tamamen elektromanyetik endüksiyon prensibine göre çalışır.

Asenkron makine AC uyartım akımına ihtiyaç duyar. Dolayısıyla bu makineler hem kendinden uyartımlı hem de dışarıdan uyartımlı olabilirler.

Kendinden Uyartımlı Asenkron Jeneratör: Eğer stator, 3fazlı uyarma akım sistemi ile birlikte dizayn edilirse milli rüzgâr türbinine ve dişli kutusuna bağlı olan makine başlangıçta motor olarak çalışmaya başlayacak ve senkron hızı yakalama yönünde hızını arttıracaktır. Rüzgâr hızı jeneratör miline senkron hızı aşacak seviyede etki edince, asenkron makine otomatik olarak jeneratör çalışmaya geçecektir ve elde edilen elektriksel gücü stator sargıları üzerinden şebekeye aktarılacaktır. Fakat tüm bu süreçte 3fazlı miknatıslanma akımı nereden temin edilmektedir. Eğer makine şebeke ile paralel çalışıyor ise, bu akım şebekeden temin edilir. Bununla birlikte, makine harici bir kondansatör bağlayarak makinenin ihtiyacı olan uyarma akımı şebekeye ihtiyaç olmaksızın sağlanmış olur.

Kendinden uyartımlı jeneratörün temel mantığı, stator uyarma sargısının sahip olduğu endüktans ile ilave edilen harici kondansatör arasında rezonans durumu oluşturmaya dayanır. Buradaki osilasyon frekansı yani rotor uyarma frekansı harici kondansatör boyutuna bağlıdır. Buradaki kondansatör tek yönlü olarak rüzgâr türbin hızını kontrol imkânı verir.

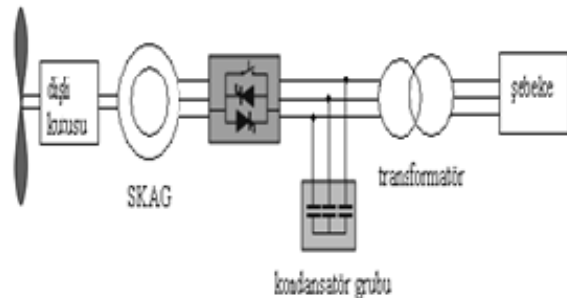


Şekil 1. Kendinden uyartımlı 1~'lı asenkron jeneratörün L ile C belirli bir frekansta rezonansa girerek osilasyona neden olur

Temel olarak enerji dönüşüm sistemlerinde kullanılan asenkron jeneratörler iki çeşittir. Bunlar sincap kafesli ve rotoru sargılı asenkron jeneratörlerdir. Yuvarlak rotorlu asenkron jeneratörler ise kayma kontrolünü sağlayan rotor dirençleri ile birlikte bir AC sisteme doğrudan bağlanabilirler. Burada kayma kontrolü ile işletim hızı ancak belirli hız aralıklarında ayarlanabilir. Çift beslemeli asenkron jeneratör ise güç elektroniği dönüştürücülerinin boyutuna bağlı olarak çok daha geniş aralıklarda hız ayarlama imkânı verir. [10]

4.1.SİNCAP KAFESLİ ASENKRON JENERATÖR (SKAG)

Sincap kafesli asenkron makine bir AC sisteme doğrudan bağlanıp sabit hızda işletilebileceği gibi güç elektroniği üniteleri ile birlikte değişken hızlarda da işletilebilir. Manyetik sesleri azaltmak ve iyi kalkınma momenti elde etmek için rotor olukları mile paralel olarak değil meyilli olarak açılarak pres alüminyum döküm rotor sargısı elde edilir. Sincap kafesli asenkron makineler, fırçasız, güvenilir, ekonomik ve sağlam bir yapıya sahip olmaları nedeniyle uygulamada sıkça kullanılmaktadırlar. Kayma, dolayısıyla rotor hızı, üretilen gücün miktarıyla değişir. Rotor hızındaki değişimler %1-2 civarındadır. Bu yüzden, bu tip rüzgâr hızının sabit olduğu zamanlarda avantajlıdır.



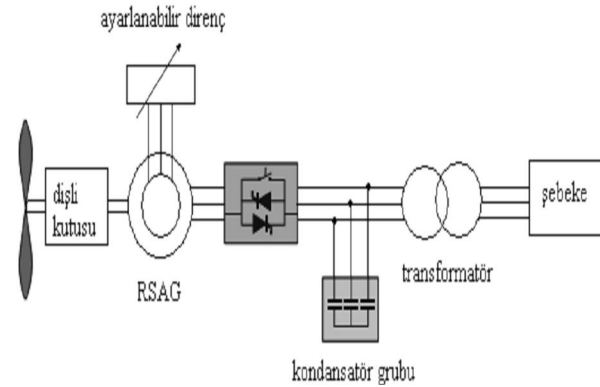
Şekil 2. SKAG ve şebeke bağlantısı

Dezavantajları; jeneratör parametrelerinin sıcaklık ve frekansla değişerek sistemin kontrolünü karmaşılaştırmasıdır. Moment-hız eğrisi lineerdir. Böylece rüzgar gücündeki dalgalanmalar direkt olarak şebekeye iletilir. Bu geçişler özellikle rüzgar türbininin şebeke bağlantısı sırasında kritiktir. Bu noktalarda nominal akımdan 7-8 kat daha hızlı akım geçici olur ki bu sistemin dezavantajları arasında yer alır. Ayrıca sincap kafesli asenkron jeneratör reaktif güç tüketir. Birçok durumda, özellikle büyük türbinlerde ve zayıf şebekelerde bu istenmeyen bir durumdur. Bu yüzden sincap kafesli asenkron jeneratörün reaktif güç tüketimi hemen her zaman kısmen ya da tamamen güç faktörünü bire yaklaştırmak için kullanılan kapasitörlerle dengelenir. [8-9-10]

4.2. ROTURU SARGILI (BİLEZİKLİ) ASENKRON JENERATÖR (RSAG)

Bir RSAG'de rotorun elektriksel özellikleri dışarıdan kontrol edilebilir ve böylece rotor gerilimi değiştirilebilir. Rotor sargı uçları rotorla beraber dönen bileziklere bağlıdır. Bilezikler rotorunda sabit duran fırçalar yardımı ile, rotor sargıları üç fazlı bir yol verici direncine ya da dış kaynağa bağlanabilir. Böylece yol alma akımı sınırlandırıldığı gibi hız ayarı da yapılabilir. [4-5]

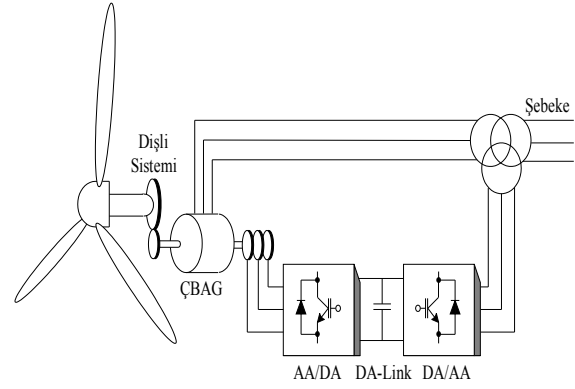
Dezavantajı pahalı olması ve SKAG kadar sağlam olmamasıdır.



Şekil 3. RSAG ve şebeke bağlantısı

4.2.1. ÇİFT BESLEMELİ ASENKRON JENERATÖRLER

Şekil 4'te çift beslemeli asenkron jeneratörün (ÇBAG) kullanıldığı bir rüzgar güç sistemi görülmektedir. Bu sistemde, stator sargısı şebekeye doğrudan bağlanmıştır. Rotor sargısı ise iki adet back-to-back gerilim kaynaklı inverterden oluşan, dört bölgeli güç konverteri üzerinden şebekeye bağlanmıştır. Genellikle, rotor tarafındaki konverter kontrol sistemi, elektromanyetik torku düzenler ve makinenin manyetizasyonunu sürdürebilmesi için reaktif güç sağlar. [5]



Şekil 4. ÇBAG ve şebeke bağlantısı

Şebeke tarafındaki konverter kontrol sistemi ise, DA linkini düzenler. Senkron jeneratörlerle karşılaştırıldığında, ÇBAG 'ün aşağıda belirtilen bazı avantajları vardır:

- Sadece rotorun kayma gücünü kontrol etmeye yarayan konverter sistemine sahip olduğu için, toplam sistem gücünün yaklaşık %25 'i oranında bir inverter kullanılmaktadır. Bu da inverter maliyetini azaltır.
- Sistemde kullanılan filtreler toplam sistem gücünün 0.25 p.u.'lık kısmı için gerekli olduğundan, inverter filtrelerinin maliyeti azalmaktadır. Aynı zamanda inverter harmonikleri, toplam sistem harmoniklerinin daha küçük bir bölümünü temsil etmektedir.
- Ayrıca bu makine harici bozucu etkilere karşı dayanıklılık ve kararlılık göstermektedir.

ÇBAG için en büyük dezavantaj ise bünyesinde periyodik bakıma ihtiyaç duyan bilezik tertibatının bulunmasıdır. [5-6]

4.2.2. OPTİSLİP İNDUKSİYON JENERATÖRLER (OSİG)

OSİG, rüzgârın ani ve sert esmesi sırasında rüzgâr türbinindeki yükleri çok hızlı güç elektroniği elemanları kullanarak minimuma indirmek için Danimarkalı şirket Vestas® tarafından geliştirilmiştir. Optislip® jeneratör rotoru sargılı asenkron jeneratör ile şafta yerleştirilmiş ayarlanabilir harici rotor dirençlerinden oluşur. Herhangi bir bileziğe ihtiyacı yoktur. Jeneratörün kayması, rotor şaftına bağlı bir konvertör aracılığıyla toplam rotor direncinin düzenlenmesi ile değiştirilir. Bu değişim rüzgâr hızına ve yüke bağlı olarak elektronik devre ile %1 ile %10 arasında değişmektedir. Böylelikle ani rüzgâr artışlarında oluşan mekanik yükler ve güç dalgalanmalarının azaltılması hedeflenmiştir. Dezavantajı ise reaktif güç kontrolünün zayıf olmasıdır. [5-8]

5. ASENKRON JENERATÖRLERİN AVANTAJLARI

- Sağlamlık
- Mekanik anlamda basitlik
- Fiyatının düşüklüğü
- Ani rüzgâr artışında oluşan tork titreşimlerini azaltmada oldukça iyidir, bir diğer deyişle ani ve sert rüzgâr değişimlerinde oluşacak şok darbeleri absorbe etme özelliği olmasıdır. Çünkü ani olarak rüzgâr hızının değişmesi, kaymanın da artması veya azalması ile neticelenir; bu özellik mekanik ekipmanlar üzerinde rüzgârın oluşturduğu şokların absorbe edilmesinde yardımcı olur.[10]
- Dönen kontaklar olmamasından dolayı başlatma kolaydır.
- Şebekeye bağlanması kolaydır, doğru akım jeneratörlerine ve senkron jeneratörlere göre direkt olarak şebekeye bağlanabilirler.
- Şebekeye bağlandığı zaman salınımlar oluşturmazlar.
- Genellikle bir dişli kutusu rotor kanatlarının hızını ayarladığı için asenkron jeneratör, senkron jeneratörde olduğu gibi şebekeyle senkronize olmak zorunda değildir. İlave bir kontrole ihtiyaç duymaksızın işletim hızına ulaşır. Ancak jeneratör boyutu büyüdükçe, asenkron jeneratörler şebekeye bağlantı esnasında oldukça yüksek bir başlangıç akımına neden olurlar.
- Rüzgâr türbinlerinde asenkron jeneratör kullanılması durumunda, asenkron jeneratörün reaktif güç gereksinimi bir şekilde karşılanmalıdır. Asenkron jeneratör direkt olarak şebekeye bağlı olduğu için reaktif gücü, bu durumda şebeke üzerinden çekecektir, ya da rüzgâr türbinine yerleştirilecek kapasite guruplarının reaktif gücü kompanze etmeleri sağlanacaktır. Rüzgâr türbinlerinin şebekeden çekecekleri reaktif gücün azaltılması gerilim seviyesini yükseltecektir. Bu sayede rüzgâr türbinlerinin şebeke gerilimi üzerindeki etkileri azalacaktır. Sonuç olarak kompanzasyon ünitesi ile beraber asenkron jeneratör güç faktörünü dengelediği için iyi performans verir.
- En büyük dezavantajı ise duran kısım statorun, reaktif mıknatıslanma akımına olan ihtiyacıdır.

6. SONUÇLAR

Kömürün 230 yıl, petrolün 38 ve doğal gazın 60 yıl sonra tükeneceğini göz önüne aldığımızda alternatif enerji kaynaklarına süratle yönelmemiz gerekir. Rüzgârda bu alternatif enerji kaynaklarından bir tanesidir. Bu yüzden, dünya açısından çevreyi kirletemeyen, ekonomik olan, ülkemiz açısından da

dış ülkelere bağımlılığı olmayan rüzgâr enerjisine, yatırımların artırılması rüzgâr potansiyelinden faydalanılması bir zorunluluk haline gelmektedir. Konunun geniş boyutları da düşünüldüğünde bu alandaki endüstriyel AR-GE ve üretimi ilgi çekici ve katma değer oluşturan bir nitelik göstermektedir.

Bir rüzgâr santralinin performansı, santralin kurulacağı bölgenin rüzgâr rejimine ve türbin tipine en uygun jeneratörün kullanılmasına bağlıdır. Çoğunlukla küçük ve orta güçlü rüzgâr güç sistemlerinde Sincap Kafesli Asenkron Jeneratör kullanılır. Büyük güçlü rüzgâr güç sistemleri için ise hem Çift Beslemeli Asenkron Jeneratörler, hem de senkron jeneratörler tercih edilir. Rüzgâr hızı potansiyelinin çok olduğu bir bölgede daha büyük rüzgâr türbinleri seçmek iyidir, çünkü daha fazla rüzgardan yararlanılabilir. Fakat büyük türbine göre jeneratör seçmek zordur. Bunun için izlenebilecek yöntem, performansı ve verimi yüksek, aynı zamanda reaktif güç tüketimi az olan ekipmanlar (bunu sağlamak için devreye paralel kapasitörler veya reaktif güç kompensatörleri) eklenebilir. Ayrıca güç elektroniği teknolojisinde kaydedilecek yeni gelişmeler ile beraber, rüzgâr güç sistemlerinin performansını optimize etmek mümkün olacaktır.

Rüzgâr santrali kurmanın sadece o bölgenin iyi rüzgâr potansiyeline sahip olmasında veya iyi ekipmanlardan oluşmasına bağlı değildir. Ayrıca düşük maliyetlerde tutulabilecek bir santralin, hem kendini amorti etmesi açısından hem de sanayinin teşvik edilebilmesi açısından önemli bir faktör olduğu gösterilmek istenmiştir. Bunların yanında jeneratör türünün ve yapısının seçiminin de birçok etmene bağlı olduğu gösterilmek istenmiştir.

7.KAYNAKLAR

[1]Prof. Dr. İsmail H. TAVMAN, Mehmet Sülün, “Rüzgâr Enerjisi”, İzmir 1999

[2]Murat UYAR, Muhsin Tunay GENCOĞLU, Selçuk YILDIRIM, Değişken Hızlı Rüzgâr Türbinleri İçin Jeneratör Sistemleri, 2006

[3]Onur Çopçuoğlu, Güven Önbilgin, “Yel Enerjisi Dönüşüm Sistemleri İçin Uygun Jeneratör Türlerinin Değerlendirilmesi”, 2008

[4]Patel, M.R., “Wind and Solar Power Systems” CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, 1999

[5]Nicolás, C.V, Lafoz, M. And Iglesias, J. “ Guidelines For the Design and Control of Electrical Generator Systems for New Grid Connected Wind Turbine Generator.” IECON 2002

[6]"Wind Turbine Grid Connection and Interaction," Deutsches Windenergie-Institut Technische A/S, DM Energy,
http://europa.eu.int/comm/energy/res/sectors/doc/wind_energy/maxibrochure_final_version.pdf,
2001

[7]"American Wind Energy Association Homepage"
<http://www.awea.org>

[8] <http://www.windpower.org/>

[9]Elektrik İşleri Etüd İdaresi web sayfası-
www.eiei.gov.tr

[10] Yıldız Teknik Üniversitesi 0124730 - Rüzgâr ve Güneş Enerjili Güç Sistemleri Ders Notu