

ELLE YAPILABİLİR KÜÇÜK GÜÇLÜ EKSENEL AKILI SÜREKLİ MIKNATISLI BİR RÜZGAR JENERATÖRÜ UYGULAMASI

Emin YILDIRIZ¹, M. Timur AYDEMİR²

¹Sivas Meslek Yüksekokulu Elektrik Bölümü, Cumhuriyet Üniversitesi
Kampüs,58040, Sivas. e-posta: eyildiriz@cumhuriyet.edu.tr

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi
Maltepe, Ankara. e-posta: aydemirmt@gazi.edu.tr

ABSTRACT

A small wind turbine which can be easily produced by hand for rural area applications has been built and tested. The permanent magnet axial flux machine used in the project is based on the design given in [6]. Finite Element analysis of the machine is given along with experimental data. Results of the analysis and experimental work are in good agreement.

Anahtar sözcükler: Eksenel akılı jeneratör, rüzgar türbini, sürekli mıknatıslı makina, sonlu elemanlarla analiz yöntemi.

1. GİRİŞ

Enerji ihtiyacının giderek arttığı dünyamızda yenilenebilir enerji kaynaklarına gösterilen ilgi her geçen gün artmaktadır. Rüzgar enerjisi, bu kaynaklar içerisinde, güneş enerjisi ile birlikte en çok ilgiyi çekmektedir. Rüzgar enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılan türbinler, dişli sistemli ya da doğrudan bağlantılı olarak üretilebilmektedir. Dişli sistemli rüzgar türbinleri ile düşük hızlarda bile enerji üretimi söz konusu olmasına rağmen bu sistemler, daha fazla bakıma ihtiyaç duyması, ek maliyet getirmesi ve gürültü oluşturması gibi dezavantajlara sahiptir [1].

Eksenel akılı makineler, değişik konfigürasyonlarda üretilebilir [2-4]. Tek taraflı-iki taraflı, rotor içte-stator dışta, iki stator tek rotor, iki rotor tek stator, nüveli stator-nüvesiz stator bu konfigürasyonlardan bazılarıdır. Bu çalışmada, yüzey yerleştirmeli iki rotor ve nüvesiz tek statorlu, 12 kutuplu bir eksenel akılı makine incelenmiştir.

Sonlu elemanlar yöntemi (SEY), elektromanyetik sistemlerin analizinde kullanılan nümerik bir yöntemdir. Bu yöntemle 2 boyutlu analiz yapılacağı gibi, gerçeğe daha yakın değerler isteniyorsa 3 boyutlu analiz de gerekli olabilir. Sonlu elemanlar yöntemini kullanan bir çok paket program mevcuttur. Tercih

edilen programda analiz yapılırken, malzemelerin özellikleri ve sınır şartları doğru olarak girildiğinde sistemin çeşitli durumlardaki tepkileri önceden belirlenebilir.

Bu çalışmada sonlu elemanlar yöntemi kullanarak, yüklü ve yüksüz durumlardaki jeneratörün sargılarında indüklenen gerilim değerleri farklı hızlar için hesaplanmıştır. Küçük güçlü bir rüzgar türbininde kullanılmak üzere hazırlanan eksenel akılı jeneratör, hazırlanan test düzeneği ile farklı hızlarda çalıştırılmış ve analiz sonuçları ile test sonuçları karşılaştırılmıştır. [5].

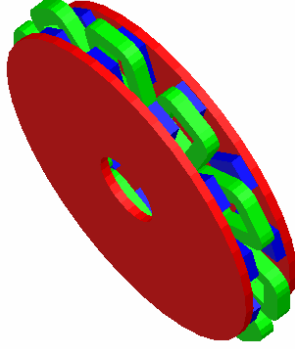
2. MAKİNE YAPISI VE SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE ANALİZİ

Bu makalede, [6] numaralı kaynaktan sunulan ve elektrik enerjisinin ulaşmadığı uzak kırsal yörelerde bir çözüm seçeneği oluşturabilecek, elle üretilmesi olası, küçük güçlü bir rüzgar türbininin üretimi ve analizi hedeflenmiştir. Kurulan sistemde stator sargıları istenilen sarım ve boyutlarda oluşturulduktan sonra, birbirlerine tutturularak sabitlenir ve epoksi reçine, talkım tozu ve sertleştirici karışımıyla oluşturulan malzemeye gömülür. Rotor yapıları da mıknatısların doğru polarizasyonda çeliğin yüzeyine yerleştirilmesinden sonra aynı karışıma gömülür. Böylece mıknatısların yapısal zorlanmalara ve korozyona karşı korunması sağlanmış olunur.

Rüzgar jeneratörü uygulamalarında, statorunda oluklu nüve bulunan eksenel akılı sürekli mıknatıslı jeneratörler de kullanılabilir [7]. Ancak nüvesiz statorlu, yüzey yerleştirmeli, eksenel akılı bir makinede, girdap ve histerezis akım kayıpları yok edildiğinden, verim oldukça yüksek değerlere çıkabilmektedir.

Şekil 1’de Eksenel Akılı Sürekli Mıknatıslı (EASM) makine modeli görülmektedir. Makinedeki disk tipi

rotorlar, çelik üzerine yerleştirilmiş sürekli mıknatıslardan oluşmaktadır. Her iki rotorda da eşit sayıda bulunan sürekli mıknatıslar, aynı konumda bulunan karşısındaki rotor çeliğinin üzerine yerleştirilmiş mıknatısla ve aynı çelik üzerinde yanında bulunan mıknatısla ters kutuplamaya sahip olmalıdır. Böylece, mıknatıslar, hava aralığı, stator sargıları ve rotor çelikleri üzerinden kapanan bir manyetik devre elde edilir.



Şekil 1: EASM makine modeli

Rotor diskleri birlikte hareket ettiklerinde, sabit olarak duran stator sargılarını keserek bir gerilim indükleyeceklerdir. Sargılar üzerinde indüklenen gerilimleri hesaplayabilmek için, sargı yüzeyinden geçen akının rotor disklerinin açısız konum ile nasıl değiştiğini tespit etmek gerekir. Bir sargı için manyetik akı (1) kullanılarak hesaplanabilir.

$$\Phi = \int_s B \cdot dS \quad (1)$$

Sargıda indüklenen gerilim;

$$e(t) = N \cdot \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

ya da

$$e(t) = N \cdot \frac{d\Phi}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad (3)$$

eşitliklerinden bulunabilir. Rotor konumunun zamanla değişimi, açısal hızı vereceğinden gerilim;

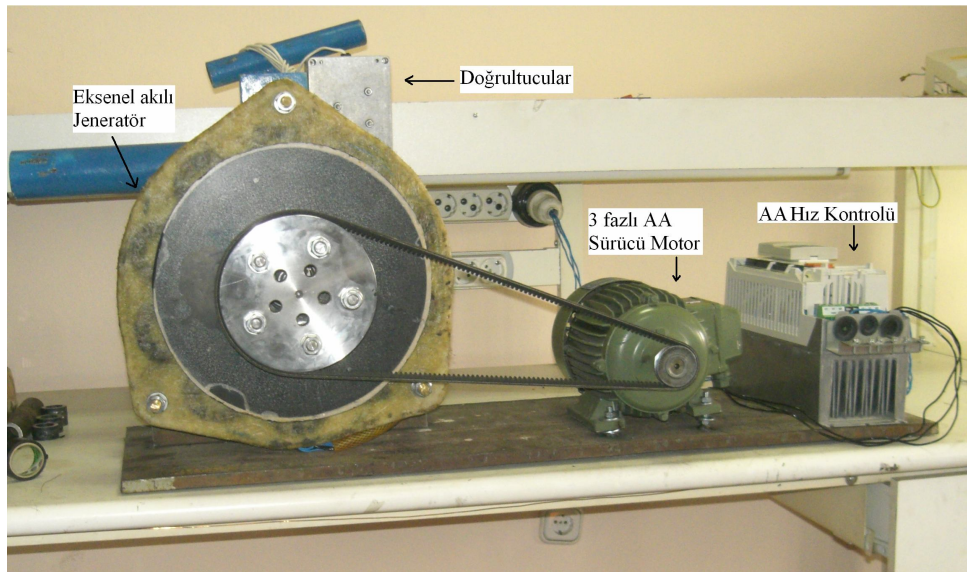
$$e(t) = N \cdot \omega \cdot \frac{d\Phi_g}{d\theta} \quad (4)$$

olarak yazılabilir.

3. DENEYSEL VE SEY SONUÇLARI

Hazırlanan test düzeneği, Şekil 2’de görülmektedir. Jeneratör, bir AA hız kontrol sürücüsü ile hızı kontrol edilebilen bir asenkron motor tarafından sürülmüştür. Jeneratör, test yüzeyine dik olacak şekilde sabitlenmiştir. Böylece deney süresince jeneratör, kasnak sistemi ile istenilen hızda döndürülmüştür. Tasarlanan aksel akılı makinenin gerçek boyutlarında oluşturulan modeli kullanılarak, malzeme özellikleri girildikten sonra ise SEY ile benzetim yapılmıştır.

Sargılar kendi aralarında yıldız bağlanıp dış devreye alınan sargı uçları 5 fazlı köprü tipi doğrultucuya bağlanır. 200 d/d jeneratör hızında çıkıştaki 5 faz gerilimleri ve köprü tipi doğrultucuların çıkışındaki DA gerilim, Şekil 3’de görüldüğü gibidir.

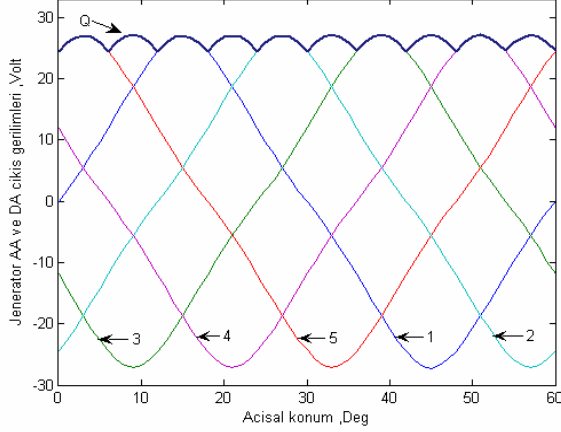


Şekil 2: Test Düzeneği

4. SONUÇLAR

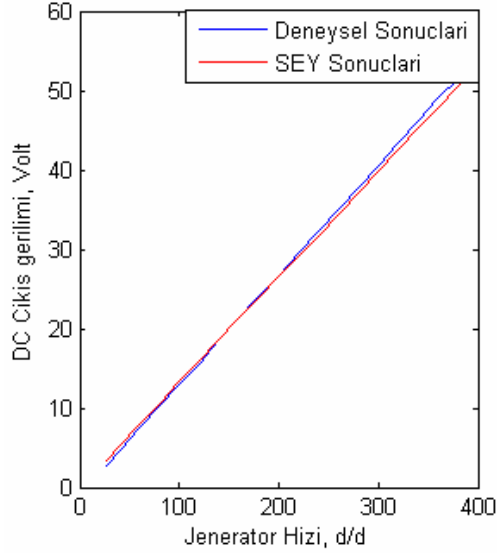
Bu çalışmada, elektrik enerjisinin ulaşmadığı kırsal bölgelerde kullanılabilir, elle yapımı olası, küçük güçlü bir rüzgar türbini için sürekli mıknatıslı, aksel akılı, statoru çekirdeksiz, çift rotorlu bir senkron jeneratörün sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak modellenmesi yapılmış ve elektromanyetik analizi gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar ile analiz sonuçları karşılaştırıldığında gerçeğe oldukça yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Faz sargıları manyetik alandan daha fazla yararlanabilmek için dağıtılabilir. Ancak böyle bir durumda sargıları yerleştirirken ve sargı sonu bölümleri yatırılırken stator kalıbının genişliği artacaktır. Bu nedenle manyetik alan şiddetini arttırmak için sargı aralarına çekirdekler yerleştirilebilir. Bu şekilde verim artırılabilir. Bu özellikleri taşıyan stator yapısı Şekil 6'da görülmektedir.

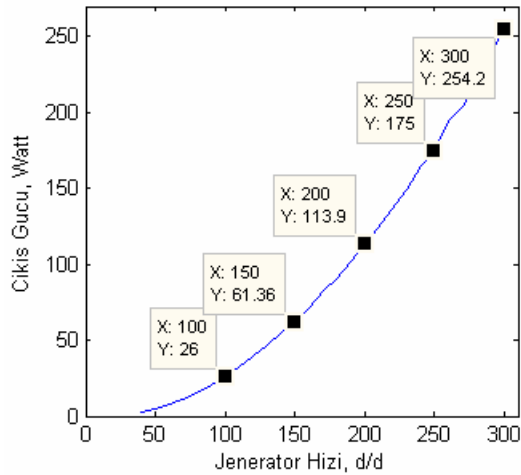


Şekil 3: 200 d/d hızda faz gerilimleri ve doğrultucu çıkışı

Farklı jeneratör hız değerlerinde test düzeneğinden ve SEY modelinden alınan değerler Şekil 4'de görülmektedir. Farklı hız değerlerinde 4 Ω omik yükte çıkış gücü ise Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 4: Farklı hız değerlerinde SEY ve test düzeneğinden alınan sonuçlar



Şekil 5: 4 Ω omik yükte hız ile çıkış gücünün değişimi



Şekil 6: Dağıtılmış faz sargılı stator yapısı

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK 2221 - Konuk Bilim İnsanı Destekleme Programı ile desteklenerek Haziran-Ağustos 2006 tarihleri arasında Gazi Üniversitesi'nde konuk araştırmacı olarak bulunan Dr. Giri Venkataramanan'ın değerli çabalarıyla başlatılmıştır. Bu nedenle, Dr. Giri Venkataramanan'a, desteği sağlayan TÜBİTAK'a, ayrıca malzeme temininde ve deneysel çalışmalarda destek olan Uzun Mühendislik ve Nuriş Elektrik ve Kaynak Makineleri firmalarına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Chalmers, B.J., Wu, W., Spooner, E., "An Axial-Flux Permanent-Magnet Generator For a Gearless Wind Energy System", *IEEE Trans. on Energy Conversion*, vol.14, 251-257, 1999

- [2] Aydın, M., Huang S., Lipo T. A., "Axial Flux Permanent Magnet Disc Machines: A Review", *SPEEDAM Conf., Capri-Italy, 61-71., May 2004*
- [3] Gieras, F.J., Wang, R., Kamper M. J., "Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machine", *Kluwer Academic Publishers, USA, 2004.*
- [4] Aydın, M., "Axial Flux Surface Mounted Permanent Magnet Disc Motors for Smooth Torque Traction Drive Applications", *Doktora Tezi, University of Wisconsin-Madison, 2004.*
- [5] Yıldırım, E., "Fırçasız Da Jeneratörü Kullanan Düşük Güçlü Bir Rüzgar Türbininin Gerçekleştirilmesi", *Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, 2008*
- [6] Piggot, H., "How to build a wind turbine", *Scoraig Wind Electric, Scotland, 2005.*
- [7] Chen, Y., Pillay, P., "Axial-Flux PM Wind Generator with A Soft Magnetic Composite Core", *IEEE 48th Industry Applications Conference, vol.1, 231-237, 2005*