

RÜZGAR ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİNDE KULLANILAN SABİT MIKNATISLI ALTERNATÖRLERİN ARIZALARININ TESPİTİ İÇİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ TEST STANDI ÜRETİMİ

Metin KAYNAKLI¹, Ali UYSAL², Emel KOÇAK³, Raif BAYIR⁴ †

¹Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı, Karabük Üniversitesi

100.Yıl, 78050, Karabük e-posta: kaynaklim@hotmail.com.tr

²Teknik Programlar Bölümü, Karabük Meslek Yüksek Okulu

100.Yıl, 78050, Karabük e-posta: aliuysal@karabuk.edu.tr

^{3,4}Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Karabük Üniversitesi

100.Yıl, 78050, Karabük e-posta: ekocak@karabuk.edu.tr-rbayir@karabuk.edu.tr

ABSTRACT

In this study, computer aided test stand is designed for fault diagnosis of permanent magnet alternators used in generating electricity by wind power. By this test stand, performance and efficiency values of permanent magnet alternators and claw pole (lundell) are compared. Non loaded and loaded power losses of permanent magnet alternators for different working frequencies, measurement of voltage and current values produced for all working frequencies are trustfully realised, then performance and efficiency values of permanent magnet alternators are graphically transferred to computer application and presented to user. By this test stand, many opportunities are provided for determining faults and incomplete points of permanent magnet alternators, used in wind power systems.

Anahtar sözcükler: Sabit Mıknatıslı Alternatör, Pençe Tipi Alternatörler, Elektrik Üretimi, Rüzgar Enerjisi

1. GİRİŞ

Alternatörler, eski tip üç fazlı senkron makinelerin özel bir türüdür. İlk olarak 1981 yılında Almanya'nın Lauffen kentinden Frankfurt arasındaki üç fazlı elektrik hattında kullanıldılar. Sonra jeneratörlerin çoğunluğu çıkıntılı veya turbo olarak üretildiği için pençe tip alternatörler ortadan kayboldu. 1960'lı yılların başında alternatörler tekrar gün yüzüne çıkarak taşıtlarda ve özellikle

otomobillerde elektrik üretimi ve gücünü sağlamak için yeniden kullanılmaya başlandı [1].

Günümüz alternatörleri fiyat bakımından uygunluğu, eşsiz makine yapısına sahip olması, sabit verimli olmaları nedeniyle gelişmeler hızlı olmamıştır [2,3]. Ancak araçlarda kullanılan elektronik ekipmanların çoğalması, araçlarda emniyet ve konforun artması yüzünden elektrik ihtiyacı giderek artmaktadır. Bu talebi karşılamak için alternatör üreticileri ve bilim adamları teknolojik gelişmeleri kullanılarak alternatörlerin çıkış gücünü, performanslarını ve verimlerini artırmak için çalışmalar yapmaktadırlar [2,4]. Bu çalışmalar; dördüncü dereceden harmonikleri bastırma diyotu ilave etmek, mıknatıs ilavesi yapmak, ikiz rotor kullanmak ve çıkış gerilimlerini güç elektroniği ile hassas kontrol yapmak, vb. olarak verilebilir [5].

Alternatörün üç fazda ürettikleri gerilim çıkışı diyotlarla doğrultularak şarj sistemine uygulanır. Aynı zamanda bu çıkış regülatöre uygulanarak rotor sargısına uygulanacak gerilime karar verilir. Rotor sargısındaki akımın değişmesi yaklaşık 100ms ve daha fazla zaman almakta ve yüksek stator kayıplarına neden olmaktadır. Bu durum alternatörün verimine ve çıkış gücüne etki etmektedir. Kayışla içten yanmalı motor (İYM) tarafından sürülen alternatörlerden yüksek güç elde etmek için 10:1 oranında sürülürler. Yüksek devirlerde dönmek onların ömürlerini kısaltmaktadır. Bu oranları 3:1 veya 4:1'e

† Bu çalışma Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nın SANTEZ Ar-Ge destek programı kapsamında 2008 yılı ikinci döneminde kabul edilen 00290.STZ.2008-2 kodlu SANTEZ projesi kapsamında desteklenmektedir.

düşürerek ömürleri artırılmaya çalışılmaktadır. 12 kutuplu bir alternatörün mekanik çalışma hız aralığı 1800-18000 dev /dak'dır. Bu hız aralığı mekanik bir sistem için çok yüksektir. Sabit mıknatıslı alternatörlerde ise bu hem yapısal nedenlerden hem de çıkış gücünün yüksek olması yüzünden çalışma hız aralığı daha düşük olmaktadır [5].

Elektrik tüketiminin artması ve daha yüksek elektrik üretimi ihtiyacı insanları yeni yöntemlere doğru itmektedir. Bunlardan bir tanesi de elektrik üretiminde sabit mıknatıslı alternatör kullanımıdır [6,7]. Bu alternatörler; yüksek verim, yüksek güç, düşük atalet ve daha basit yapıda oluşları en büyük avantajlarıdır.

Alternatör üretiminde ilgilenilen iki önemli özellikte alternatörde meydana gelen kayıplar ve verimdir. Kayıpları doğru bir şekilde ayırmak ve ayrı ayrı kayıpları hesaplamak mümkündür [1]. Alternatörlerdeki en temel kayıplar mekanik kayıplar, stator kayıpları, sargılardaki bakır kayıpları, doğrultma diyotlarındaki kayıplar, stator ve rotordaki demir kayıplarıdır.

Alternatörün çıkış gücü hıza bağlı olarak değişmekte ve ters emk (elektro motor kuvvet) kuvvetinin gerilim değeri çıkış gerilim değerinden büyük olduğunda en yüksek değerine ulaşmaktadır. Alternatörlerde ters emk gerilimi 80V'a ulaşmasına rağmen çıkışta 14V sabit gerilim istenildiğinden sadece yüksek devirlerde istenilen akımı üretir. Ancak rotor kaçak reaktansı alternatörün çıkış gücü kapasitesini sınırlar. Bu alternatörden akım çekildiği zaman karakteristiklerden elde edilen sonuçlara göre kaçak reaktanslar üzerinde hatırı sayılır bir gerilim düşümü olur. Bu düşen gerilimin değeri hıza ve akıma bağlı olarak artmakta ve akım arttığında alternatör çıkış geriliminin değerinde de gözle görülür bir düşme olmaktadır [8]. Sabit mıknatıslı alternatörlerde çıkış direnci sabit olduğundan bu direnç üzerinde gerilim düşümleri olmaktadır. Ancak bu kayıplar daha düşük mertebede oluşmaktadır.

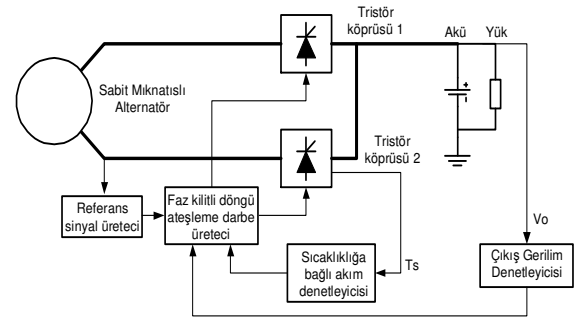
Geleneksel alternatörlerin verimi göreceli olarak oldukça zayıftır. Tipik verim değerleri %40-%60 olmakla birlikte çalışma noktasına da bağlıdır [1,9,10]. Düşük ve orta hızlarda kayıpların çoğunluğu stator bakır kayıplarında olmaktadır. Demir kayıpları sadece yüksek hızlarda baskın olmaktadır. Sabit mıknatıslı alternatörlerin verimleri ise %60-80 civarındadır. Bu verimi de 500 ile 2000 devir arasında temin edebilmektedirler [3].

Sabit mıknatıslı alternatörler rüzgar enerjisinde rahatlıkla kullanılabilir. Genellikle tek fazlı sistemlerde, düşük ve orta düzeyde güç üretimi için tercih edilebilirler [6,11]. Rüzgar enerjisi ile elektrik üreten sistemler gerek elektrik şebekesinin

gidemediği uzak yerleşim merkezlerinde, adalarda, kırsal alanlarda, ormanlık ve dağlık bölgelerdeki birimlerde (TV, radyo istasyonları, haberleşme istasyonları) elektrik enerjisi temini ya da hibrid sistemleri beslemek amacıyla kullanılmaktadır. Rüzgar enerjisi ile elektrik üretmede avantajlarından dolayı sabit mıknatıslı makinelerin kullanımı yaygınlaşmıştır [11]. Bir evin ihtiyacını karşılayacak kadar elektrik üretmek amacıyla sabit mıknatıslı bir rüzgar türbini imal edilmesi çalışmaları ülkemizde ve dünyada hız kazanmaktadır [12,13].

2. SABİT MIKNATISLI ALTERNATÖRLER

Alternatörler kullanım alanlarına göre günümüzde giderek artan elektrik ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalmaktadırlar. Alternatör üreticileri artan talep karşısında alternatörün çıkış gücünü ve verimini artırmak için değişik yöntemler geliştirmektedirler. Bu yöntemler; alternatörün dönüş hızını artırmak, üretilen elektriği verimli kullanmak için güç elektroniğinden faydalanmak, alternatörün kayıplarını azaltmak, vb. Hatta günümüz de alternatör olarak farklı elektrik makineleri ve hibrid sistemler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır

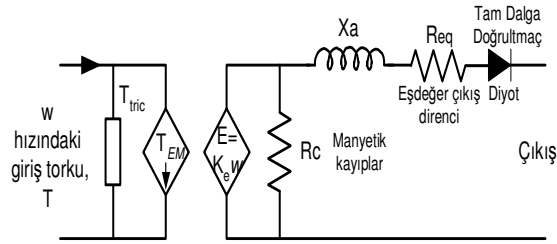


Şekil 1: Sabit mıknatıslı alternatör regülasyonu.

Bunlardan bir tanesi de elektrik üretiminde sabit mıknatıslı alternatör kullanımıdır. Bu alternatörler yüksek verim, yüksek güç ve düşük atalet ve daha basit yapıda oluşları en büyük avantajlarıdır. Bu tip alternatörlerin dezavantajları ise çıkış geriliminin yük değişimine ve hıza bağlı olarak regülasyonun kompanse edilme zorluğudur. Bilinen elektrik gerilim regülasyon sistemleri, daha yüksek voltajdaki gerilimi 14V'a düşürmektedir. Bu durum sabit mıknatıslı alternatörlerde büyük avantaj sağlar. Stator sargılarında geçecek manyetik akıyı kontrol etmek için değişik mekanik sistemler kullanan çalışmalar mevcuttur [3]. SMA alternatörlerin regülasyonunda tristör temelli kontrol sistemleri tercih edilmektedir.

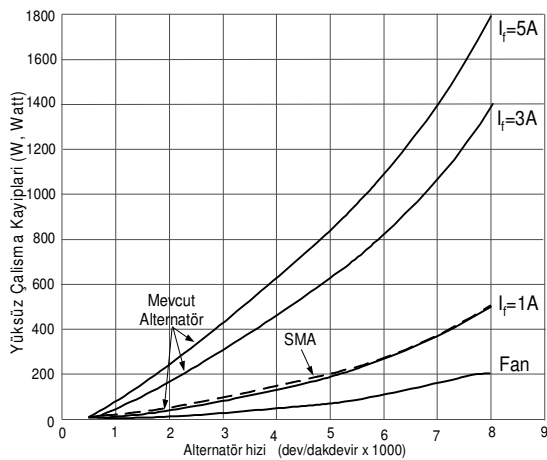
Elektrik üretiminde yüksek akı yoğunluğu önemlidir. Kullanılan sabit mıknatısın akı yoğunluğuna bağlı olarak da makinenin çapı küçüktür. Sabit mıknatıslı alternatörler rotorlarına sabit mıknatıs eklenen 3 fazlı stator sargısından oluşmaktadır. Çıkışta tam dalga doğrultmaç ile DA gerilim elde edilir. Sabit mıknatıslı alternatörler yenilenebilir enerji üretimi için çevirme veriminin yüksek olmasından dolayı çok caziptir. Özellikle çalışmak için enerjiye ihtiyaç duymazlar. Buna ilave olarak mekanik sürtünmeleri diğer makinelerle karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Çünkü fırçalar ve taşıma halkaları yoktur. Tasarımları basit, sağlam ve güvenilirdir.

SMA alternatörlerin performansını etkileyen en önemli etken kayıplardır. Bu kayıplar sürtünme, manyetik kayıpları, bakır kayıpları ve doğrultucu kayıplarıdır. Bu kayıpları ve alternatörün çalışmasını sonuçlarını elde etmek için eşdeğer devresi elde edilmiştir (Şekil 2). Bu eşdeğer devre ile SMA'nın rahatça benzetimi yapılabilir. Eşlenik devrede mekanik ve elektriksel değişkenler kullanılarak verilmiştir [9]



Şekil 2: SMA'nın eşdeğer devresi

Yüklü sabit mıknatıslı alternatörlerde da stator sargıları alternatif akım taşır ve bu kaçak akımın yük akımı yüzünden senkron reaktansın artmasına neden olur.

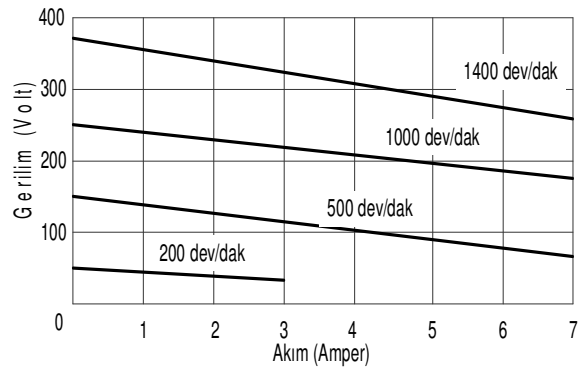


Şekil 3: Alternatörlerin yüksüz çalışma kayıpları

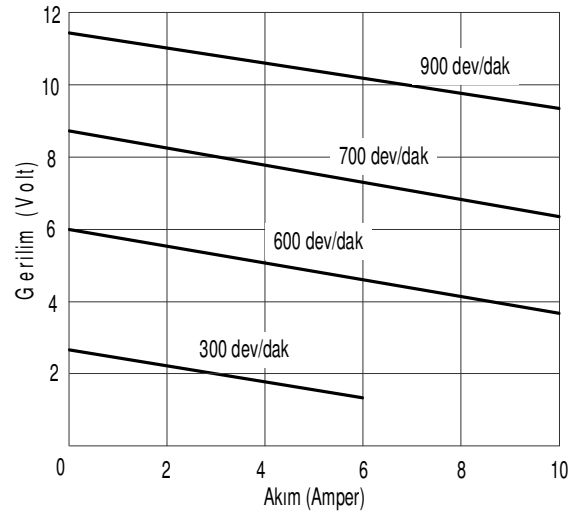
Alternatör akımı hızla ilişkilidir ve batarya gerilimi ve alternatörün çıkış empedansına bağlıdır. Bunun anlamı maksimum güç transferi için alternatörün

dönmesini gereken uygun hız sınırlaması yoktur. Alternatör her hızda gerilim üretebilmek için DC / DC konvertörler kullanılır. SMA lar yüksek verim ve basit yapıları ile mekanik enerjiden elektrik üretimi ve üretilen enerjiden bataryaları şarj etmeye çok uygundur [9].

Şekil 4 ve Şekil 5 da iki farklı tasarımı sabit mıknatıslı alternatörlere ait ölçülmüş çıkış karakteristikleri verilmiştir. Tasarımlarındaki birinci fark mıknatısların yerleşimidir. Şekil 4 da gerilime bağlı akımın artığında devirin düşmesi çıkış eşdeğer empedansın sabit olmasından kaynaklanır.



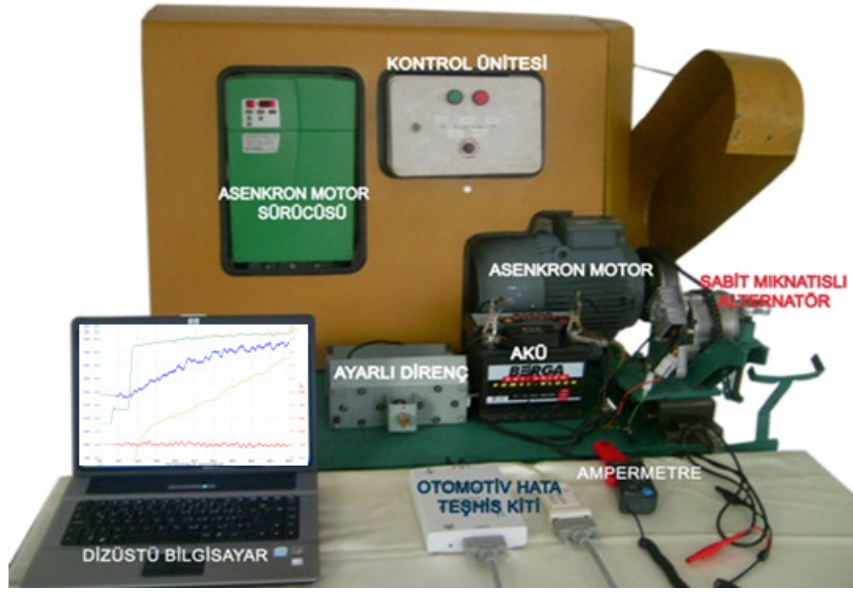
Şekil 4: Alternatörün rotoruna mıknatıs ilavesi yapıldığında alternatörün performansı



Şekil 5: Sabit mıknatıslı alternatör performansı

2. BİLGİSAYAR DESTEKLİ DENEY TEST DÜZENEĞİ

Sabit mıknatıslı alternatörlerin testleri, izlenecek parametrelerinin ölçümü, çıkış gücü ve verimlerinin bulunması için Şekil 6'deki alternatör test düzeneği gerçekleştirilmiştir..



Şekil 6: Bilgisayar destekli deney düzeneği

Alternatörler asenkron motor ile sürülmektedir. Bu test düzeneğinde sabit mıknatıslı alternatör ileri-geri hareket edebilen bir mengeneye sabitlenmiştir. Asenkron motorun çıkış miline sabit mıknatıslı alternatörün kasa oranının 3:1 oranında kasa monte edilmiştir ve bu kasağa uygun bir kayışla sabit mıknatıslı alternatörle asenkron motor birbirine bağlanmıştır. Hareketli mengene yardımı ile bu kayış 0.5-1cm oranında gerginliği sağlanarak asenkron motor ile sabit mıknatıslı alternatörün bağlantısı gerçekleştirilmiştir.

Asenkron motor 0–6000 devir yapabilen 2 kutuplu bir motordur. Sabit yük; 50 amper kadar akım çekebilen içinde kömür plakaların bulunduğu bir direnç sağlamaktadır.

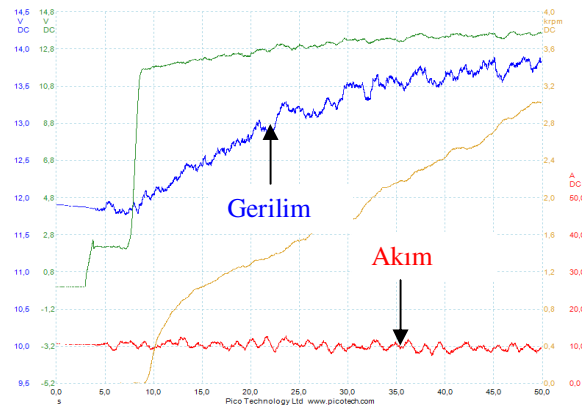
Bu test standında asenkron motor sürücüsü; asenkron motorun başlangıç hızını, yetkilendirme, asenkron motorun standart değerlerinin girilmesini ve uzaktan kontrol edilmesini sağlayan bölümdür. Bu bölüme asenkron motorun sabit mıknatıslı alternatörün test edileceği hız devir aralıkları olan 500 ile 2000 d/dk aralığında değerler girilerek kontrol ünitesi vasıtasıyla asenkron motora hareket verilerek sabit mıknatıslı alternatörün 500 ile 2000d/dk daki dönüş aralığı sağlanmıştır.

Bu devirde sabit mıknatıslı alternatörün ürettiği gerilim ve akım değerleri ile normal bir alternatörün (pençe tipi) ürettiği gerilim ve akım değerleri otomotiv hata teşhis kitine oradan da bilgisayara aktarılarak elde edilen gerilim ve akım değerleri grafiksel olarak ölçülmektedir ve buna bağlı olarak da sabit mıknatıslı alternatörün ayarlı direnç vasıtası ile de yüklü ve yüksüz olarak çalışması denenmekte ve bu değerlerdeki ürettiği güç,

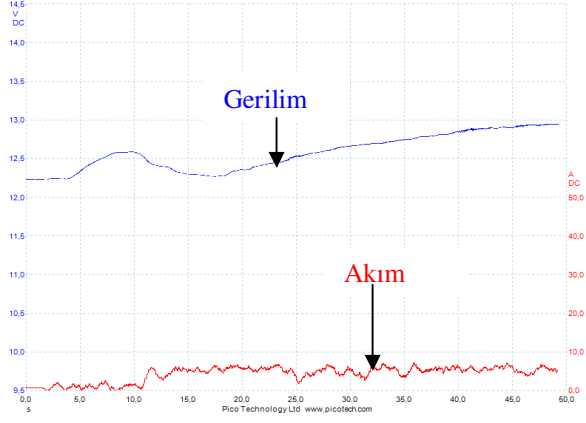
gerilim, akım ve performans değerleri ile normal bir alternatörün (pençe tipi) ürettiği gerilim, akım ve performans değerleri otomotiv hata teşhis kiti aracılığı ile bilgisayar ortamına aktarılarak verilerin grafiksel olarak yorumlanması sağlanmıştır.

4. SONUÇLAR

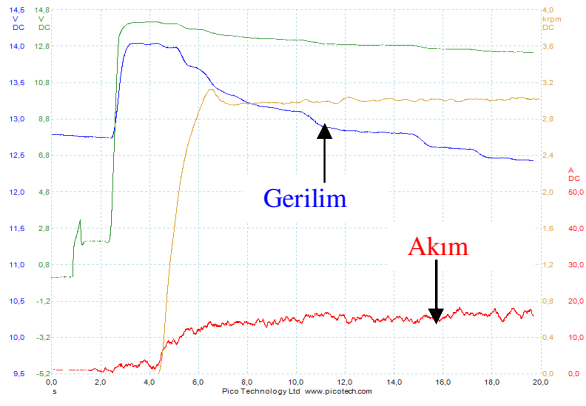
Bu çalışmada rüzgar enerjisinde kullanılan sabit mıknatıslı alternatörlere ait tüm parametrelerin izlenmesini sağlayacak bilgisayar destekli test standı üretilmiştir. Bu test standında pençe tipi bir alternatör ile sabit mıknatıslı alternatörün karşılaştırılması sağlanarak sabit mıknatıslı alternatörün ürettiği gerilim ve akım değerlerinin grafiksel olarak bilgisayar ortamına aktarılması sağlanmıştır ve sabit mıknatıslı alternatörlerin performans, verim ve oluşabilecek arızaları hakkında kullanıcıya sağlıklı bilgi sunmaktadır.



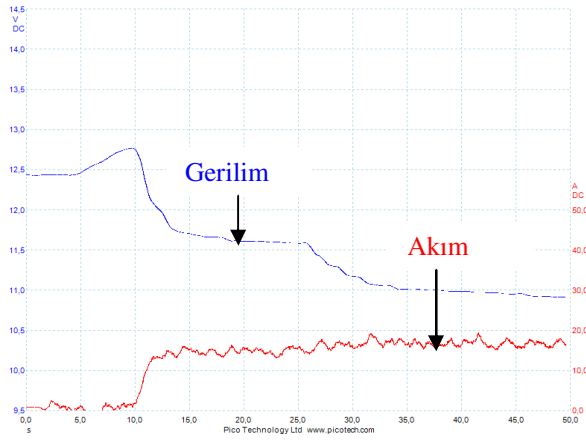
Şekil 7: Pençe tipi bir alternatörün yüksüz çalışma grafiği



Şekil 8: Sabit mıknatıslı alternatörün yüksüz çalışma grafiği



Şekil 9: Pençe tipi bir altermatörün tam yükte çalışma grafiği



Şekil 10: Sabit mıknatıslı alternatörün tam yükte çalışma grafiği

KAYNAKLAR

- [1] Koppers, S.; Henneberger, G., "Numerical procedures for the calculation and design of automotive alternators", *IEEE Transactions on Magnetics* Vol. 33, Issue 2, 1997 Page(s):2022 – 2025.
- [2] Perreault, D.J.; Caliskan, V.; Automotive power generation and control, *IEEE Transactions on*

Power Electronics, Vol. 19, Issue 3, 2004 Page(s):618 – 630

- [3] Naidu, M.; Boules, N.; Henry, R.; A high-efficiency high-power-generation system for automobiles *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 33, Issue 6, Nov.-Dec. 1997 Page(s):1535 – 1543
- [4] Cai, W.; Comparison and review of electric machines for integrated starter alternator applications *IEEE Industry Applications Conference, 2004. 39th IAS Annual Meeting. Conference 2004* Vol. 1, 3-7 Oct. 2004 Page(s): 386-393.
- [5] David J. Perreault, Khurram Afridi and Iftikhar A. Khan, *Automotive applications of power electronics Power Electronics Handbook (Second Edition) Devices, Circuits, and Applications 2007*, pp. 635 - 659 Elsevier Inc.
- [6] Bhim Singh, B P Singh and S Dwivedi, *A State of Art on Different Configurations of Permanent Magnet Brushless Machines Vol 87*, pages 63-73, June 2006.
- [7] Dutta, Rukmi; and Rahman, M. F., "Design and Analysis of an Interior Permanent Magnet (IPM) Machine with Very Wide Constant Power Operation Range", *IECON 2006 IEEE Industrial Electronics Conference*, Nov. 2006 Page(s):1375 – 1380.
- [8] *Automotive Electric/Electronic Systems, 2nd Edition*, Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Germany, 1995.
- [9] G. Henneberger and S. Koppers, "Improvement of the Output Performance of Claw-Pole Alternators by Additional Permanent Magnets," *Proceedings of the International Conference on Electrical Machines*, Vol. 2, pp. 472–476, 1994.
- [10] D. Perreault and V. Caliskan, "A New Design for Automotive Alternators," *SAE Paper 2000-01-C084, IEEE-SAE International Conference on Transportation Electronics (Convergence)*, Dearborn, MI, USA, October, 2000.
- [11] Niekerk, H.R, Permanent magnet alternators for standalone electricity generation. *IEEE AFRICON Conference*, v 1, 1996, p 451-455.
- [12] Oğuz S., Rüzgar Enerjisi İle Elektrik Üretimi, *Yüksek Lisans Tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2005.*
- [13] P.W. Carlin, A.S. Laxson and E.B. Muljadi, The History and State of the Art of Variable-Speed Wind Turbine, *Technical Report, Technology National Renewable Energy Laboratory February 2001.*