

EĞİTİM AMAÇLI ARM TEST SİSTEMİ TASARIM VE İMALATI

**Mevlüt KARAÇOR¹, Cihan ŞAHİN², Mustafa NİL^{3*}, Ahmet ONDUK⁴, Enver ATİK⁵,
Metin NİL⁶**

^{3,4} Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 45140,
Manisa, TÜRKİYE

²Kastamonu Üniversitesi, Tosya Meslek Yüksek Okulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, 37000,
Kastamonu, TÜRKİYE

¹ Celal Bayar Üniversitesi, Turgutlu Hasan Ferdi Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, 45140,
Manisa, TÜRKİYE

⁵Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, 45140 Manisa, TÜRKİYE

⁶Vestel Elektronik A.Ş., Ar-Ge Merkezi, 45140 Manisa, TÜRKİYE

Özet: Yapılan çalışmada 6/4 Anahtarlı Relüktans Motor (ARM) imalat aşamaları (tasarım, analiz, saçların kesimi ve yalıtılması, mekanik gövdenin hazırlanması ve sürücü kısım) tanıtılmıştır. Böylece ARM ile ilgili alanlarda çalışmayı hedefleyen araştırmacıların yaşadığı tedarik sorununun özel imalat ile aşılabilmesi sağlanacaktır. Yapılan çalışmanın temel hedefi ARM ile ilgili eğitim amaçlı deneysel düzeneğin geliştirilmesidir. Ayrıca ARM imalatı esnasında elde edilen bilgi birikiminin "Know-How" paylaşılmasıdır.

Anahtar Kelimeler: *Anahtarlı Relüktans Motor, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Tasarım , Güvenilirlik*

ARM TEST SYSTEM DESIGN AND MANUFACTURING FOR THE AIM OF EDUCATION

Abstract: Within the study carried out, manufacturing steps of 6/4 Switched Reluctance Motor (SRM) (design, analysis, isolating and cutting process of hair, mechanical body preparation and the drive portion) are introduced. Thus, the supply problems for researchers who aim to work in areas related to SRM will be overcome with the custom manufacturing solution. The main objective of the study is to develop experimental setup for training on SRM. In addition, the knowledge obtained during the manufacture of SRM "Know-How" will be shared.

Keywords : *Switched Reluctance Motor, Finite Element Method, Design , Reliability*

*Mustafa NİL
mustafa.nil@cbu.edu.tr

1. GİRİŞ

Günümüzde enerjinin önemi her geçen gün daha da artmakta olup enerjinin üretimi kadar verimli kullanımı da önem arz etmektedir. Ülkemizde üretilen elektrik enerjinin büyük bir kısmı endüstride kullanılmakta olup önemli bir kısmı elektrik motorlarında tüketilmektedir. Endüstride kullanılan elektrik motorlarının verimi genel olarak %50-%85 arasında değişmektedir.

Teknolojideki gelişmelere bağlı olarak elektrik motorlarının yol verme işlemlerinde güç elektroniği temelli cihazlar kullanılmaya başlanmıştır. Bunun sonucu olarak her motorun başında bir yol verme cihazı veya bütünleşik frekans çeviricisi bulunmaktadır.

Elektrik motorları için verimliliği artırıcı çalışmaların yapılması ile enerji tüketiminde bir tasarrufun sağlanacağı ve bu esnada motorların çalıştırılabilmesi için kullanılacak yardımcı donanımların teknolojik gelişmelere paralel olarak bir dezavantaj olmaktan çıktığı sonucuna varılabilir.

ARM'ler rotor ve statorunda çıkıntılara sahip çıkıklı veya çift çıkıklı makinelerdir. Rotor üzerinde mıknatıs veya herhangi bir sargı bulunmamaktadır. ARM'lerin çalışması ve sürekli bir dönme işleminin gerçekleşmesi için stator ve rotorun kutup sayılarının (6/4, 8/6 vb.) birbirinden farklı olması gereklidir[1]. ARM'de, statorda karşılıklı kutuplar üzerinde bulunan sargılar seri bağlanarak makinenin bir fazını oluştururlar [2]. ARM'de uygun olan faz doğru gerilim ile uyarıldığında, hareketli olan rotor, manyetik devrenin relüktansını azaltacak yönde dönmeye başlar. Fazların sıra ile devreye girip çıkmasıyla hareket süreklilik kazanır.

Relüktans, elektrik devresindeki direncin manyetik devredeki karşılığı olarak düşünülebilir. Elektrik devresinde direnç akıma karşı gösterilen zorluk ise, relüktans; manyetik devrede akının dolaşımına karşı gösterilen zorluktur. ARM bir manyetik devre olarak modellenirse, bu modelde yer alan stator, rotor

ve aralarındaki hava boşluğu "relüktans" adını alır. Stator, rotor ve gövde relüktansları sabit olmasına rağmen hava aralığının relüktansı değişkendir [3, 4]. ARM'lerde stator ve rotor kutup başları arasındaki hava aralığı büyüdükçe manyetik devrenin relüktansı da büyümektedir. Makina yapısı gereği bu yüksek relüktansı azaltma eğilimi göstermekte ve bunun için de moment üretmektedir. Üretilen momentle stator ve rotor kutupları birbirine yaklaşmakta bunun sonucunda da manyetik devrenin relüktansı azalmaktadır [4]. Bu relüktansı azaltma isteği makinenin momentinin sürekliliğini sağlamaktadır.

Rotor ve stator kutupları tamamen çakışık konuma bulunduğu durumda ise kesişim alanı maksimum olmakta ve manyetik geçirgenlik maksimum değerine ulaşmakta bundan dolayı relüktans minimum değeri almaktadır. ARM'lerde relüktans yerine daha çok endüktans değeri kriter olarak kullanılmaktadır [3, 4].

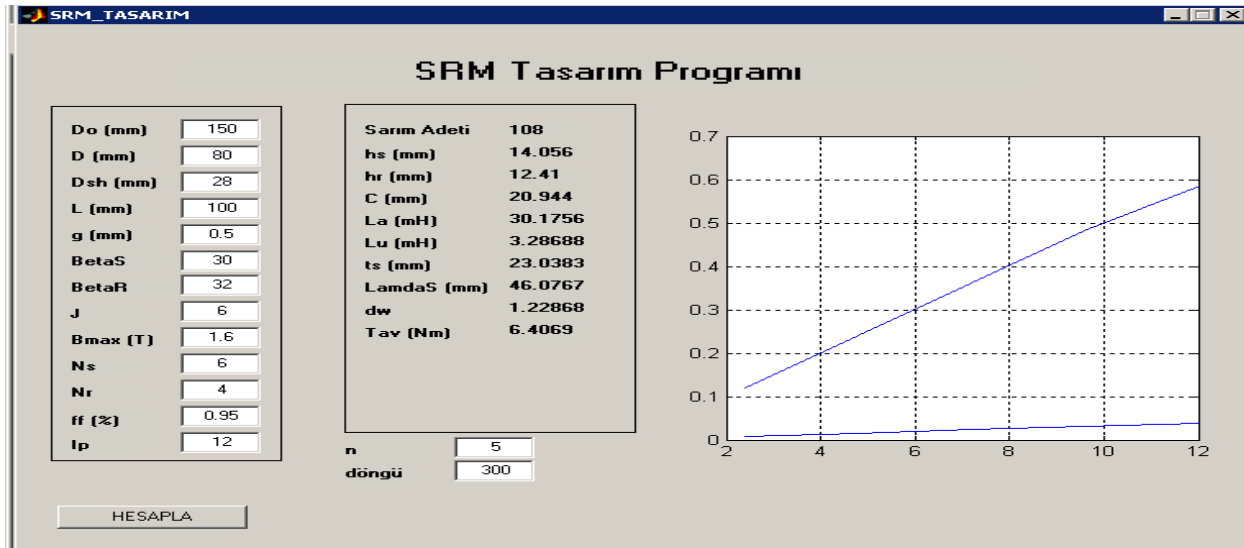
Yapılan çalışma genel olarak iki temel kısma ayrılabilir. Bunlardan ilki tasarım ve analiz kısmı olup, imalatı gerçekleştirilecek olan ARM'nin öncelikle geometrik yapısının belirlenmesi ve sonrasında yapının Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) kullanılarak analizinin gerçekleştirilmesidir. Diğer kısım ise tasarımı gerçekleştirilen ARM'nin mekanik ve elektronik kısımların imalatıdır.

2. ARM'İN TASARIMI

ARM'nin tasarım kısmında öncelikli olarak belirlenmesi gereken bazı hususlar mevcuttur. Bunlar ARM'nin dış çapı, kaç fazlı olacağı, mil çapı, üretilmek istenen ortalama moment, makinenin devir sayısı ve talep edilecek olan mil gücüdür. Buradaki parametrelerin belirlenmesinde benzer motor standartlarından (NEMA, IEC, TSE gibi) faydalanabilir. Bu verilerin belirlenmesi sonrasında ARM tasarım programı çalıştırılır ve ortaya ekran görüntüsü çıkar [5]. ARM tasarım programı manyetik

devre temelli olup iteratif bir metot ile uygun ARM geometrik yapısını tespit etmektedir. Şekil 1’de ARM tasarım programının ekran görüntüsü verilmiştir. Ekranın sol tarafında kullanıcı tarafından girilen verilere ait kutular görülmektedir. Orta kutucukta ise, programın çalıştırılması ile elde edilen mekanik, sarım ve moment özelliklerine ait çeşitli değerler, sağ

tarafındaysa toplam akı-akım eğrisi görülmektedir. Tablo 1’de tasarım programının giriş ve çıkış parametreleri, tasarım yazılımından elde edilen veriye bağlı olarak gerçekleştirilen iki boyutlu çizim ise Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 1: ARM Tasarım Programının Ekran Görüntüsü

Tablo 1. Tasarım Programının Giriş ve Çıkış Parametreleri

Giriş Parametreleri		Çıkış Parametreleri	
D_o	Stator Çapı(mm)	N_{faz}	Faz Başına Sipir Sayısı
D	Stator İç Çapı(mm)	C	Stator Boyunduruk(mm)
D_{mc}	Mil Çapı(mm)	H_s	Stator Kutup Yüksekliği(mm)
$L_{derinlik}$	Motor Derinliği(mm)	H_r	Rotor Kutup Yüksekliği(mm)
g	Hava Aralığı(mm)	L_a	Çakışık konumdaki endüktans(mH)
β_s	Stator Kutup Açısı($^{\circ}$)	L_u	Çakışık olmayan konumdaki endüktans(mH)
β_r	Rotor Kutup Açısı($^{\circ}$)	t_s	Stator Kutup Genişliği(mm)
J	Akım Yoğunluğu(A/mm^2)	D_w	İletken Çapı(mm)
B_{max}	Akı Yoğunluğu(Tesla)	M_{ort}	Ortalama Moment(Nm)
N_s	Stator Kutup Sayısı		
N_r	Rotor Kutup Sayısı		
D_f	Sargı Dolgu Faktörü(%)		
P_{talep}	Talep Edilen Güç(Hp)		
N	Devir (d/dk)		

2.1. Sey ile Analizlerin Gerçekleştirilmesi

Tasarım yazılımından elde edilen geometrik yapının ürettiği statik moment, akı ve endüktans değişimlerinin önceden tespit edilebilmesi için SEY kullanılarak Magnetostatik analiz gerçekleştirilmiştir. Şekil 2’de işlem akış algoritması gösterilmiştir. Maxwell 2D ile analizi gerçekleştirme işleminde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, analiz sonucunda elde edilen değerlerin makinenin SEY analiz sonuçlarına ait olmadığıdır. Analiz sonucunda, motor derinliğinin 1 m, motor sarım sayısının 1 (bir) siper olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, elde edilen değerleri, istenilen geometrik yapıya ve sarım sayısına ait değerlere dönüştürme işlemini gerçekleştirmek gerekir [6,7].

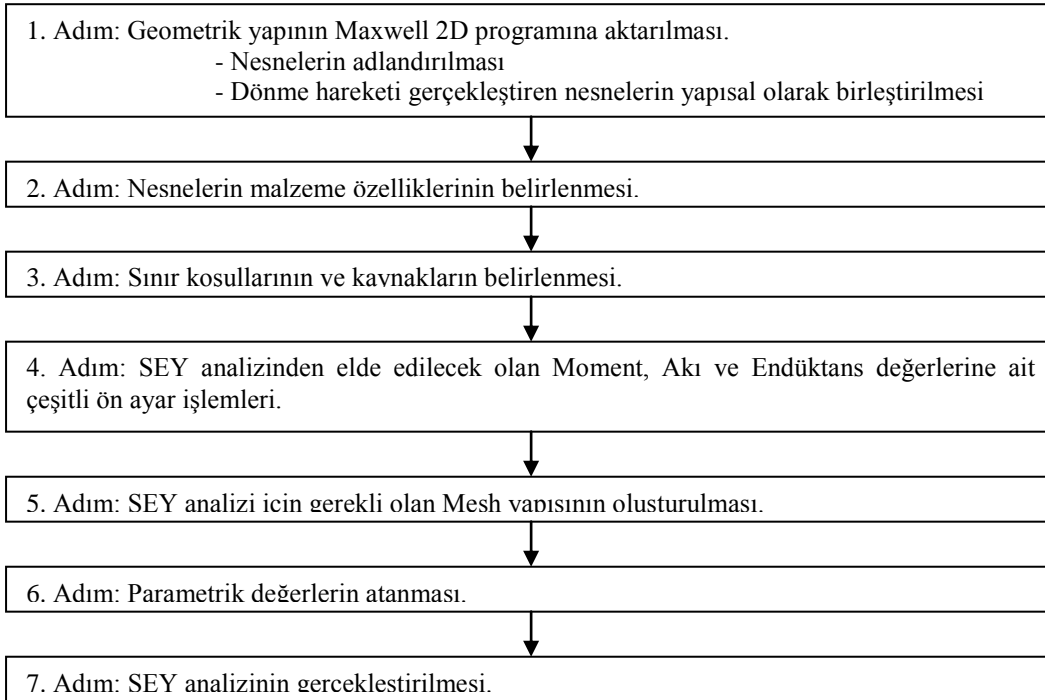
$$Moment_{SEY} = Moment_{MAXWELL} \times Motor_{derinlik} \quad (2.1)$$

$$Akı_{SEY} = Akı_{MAXWELL} \times Motor_{derinlik} \times N \times 2 \quad (2.2)$$

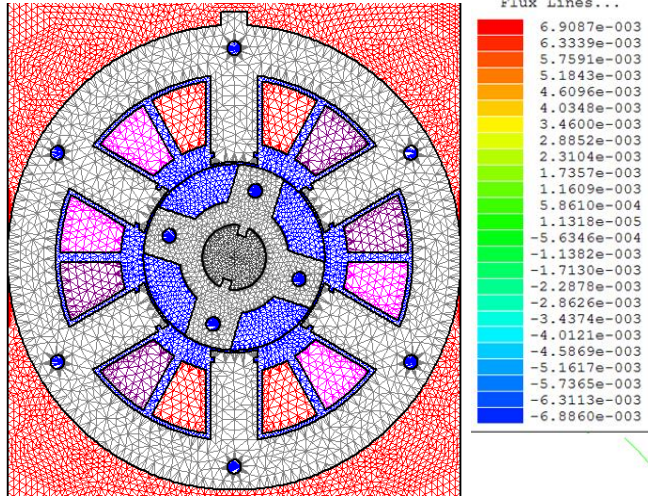
$$Endüktans_{SEY} = Endüktans_{MAXWELL} \times Motor_{derinlik} \times N \times N \times 2 \quad (2.3)$$

Her üç denklemin kullanılması ile tasarlanan klasik ARM'nin SEY analiz sonuçları elde edilmektedir.

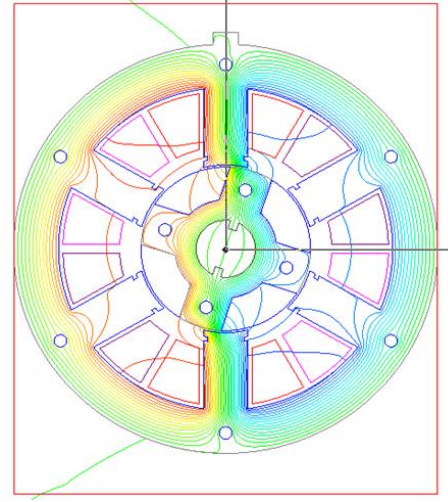
SEY ile analiz gerçekleştirebilmek için öncelikle analizin gerçekleştirileceği makinenin mesh (ağ) yapısının oluşturulması gerekmektedir. Bu yapı ile analizi yapılacak olan makine belirli adet parçalara ayrılır ve bunlara ait düğüm noktaları ve koordinatlar mesh oluşturulması esnasında belirlenip sıralanır. Mesh yapısı oluşturulan model için yüksek miktarda düğüm noktasının oluşturulması hassas çözümlenmeye fayda sağlamaktadır. Fakat düğüm noktasındaki her artış ile birlikte analizin çözümü daha da uzun zamana almaktadır. Şekil 3’de klasik ARM’ye ait mesh yapısı görülmektedir [8-10]. Şekil 4’de SEY analizi gerçekleştirilen ARM'nin akı dağılımı görülmektedir. Makinenin analizi esnasında rotorun her konumu için faz sargılarına 1-10 Amper arasında 1'er Amperlik artırımlar ile kademeli olarak farklı akımlar uygulanmıştır. Bu işlem esnasında elde edilen moment, endüktans ve akı değerleri sırası ile Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7’de sunulmuştur.



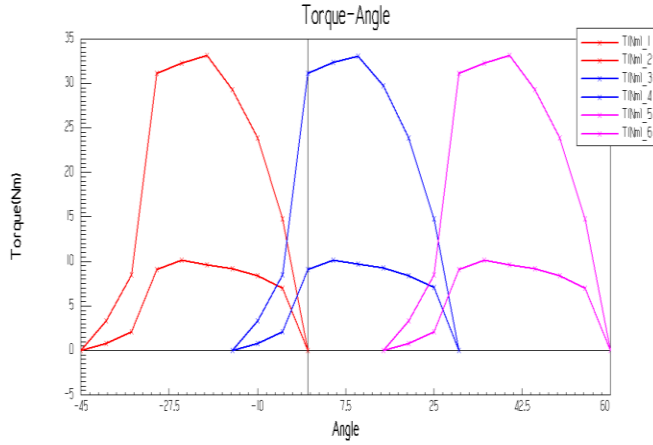
Şekil 2. Maxwell 2D Analiz Programında SEY Analizinin Gerçekleştirilmesi



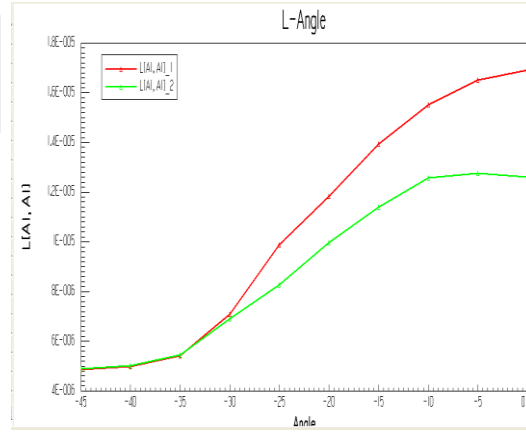
Şekil 3. Analizi Gerçekleştirilen Makinenin Mesh Modeli



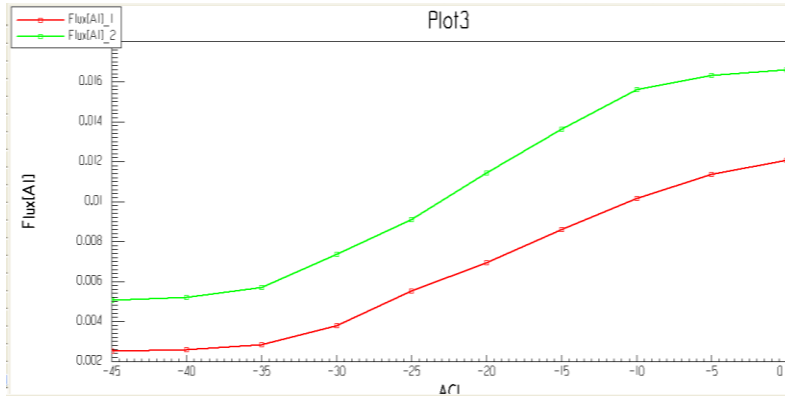
Şekil 4. Akı Dağılımı.



Şekil 5. Faz Sargıları Tarafından Üretilen Moment



Şekil 6. Faz Endüktansı



Şekil 7. Faz Akısı

3. ARM'İNİN MEKANİK VE ELEKTRONİK PROTOTİPİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

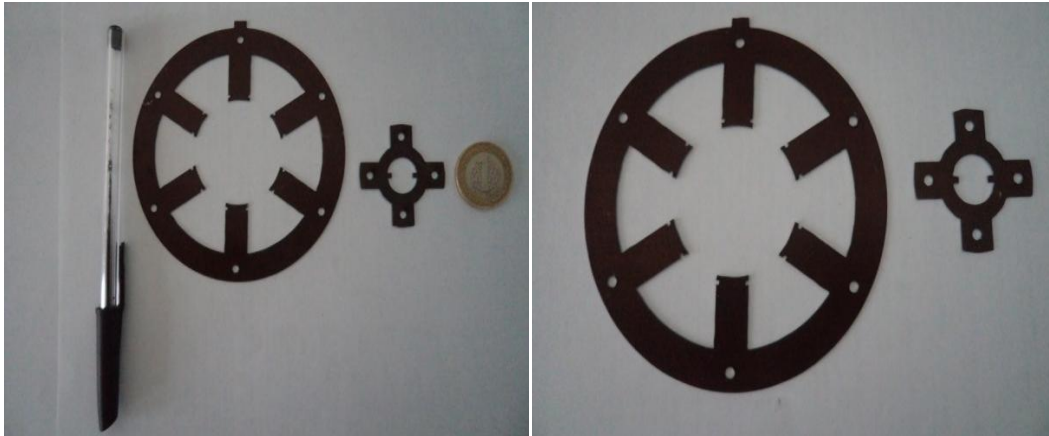
SEY analizi sonucunda elde edilen moment, endüktans ve akı eğrileri incelendiğinde (şekil 5-7) makinenin istenilen ortalama momenti üretebileceği sonucu ortaya çıkıyor ise makinenin mekanik imalat aşamasına başlanır [2].

Stator saçları ve rotor saçlarının lazer ortamında kesilmesi, saç paketlerinin oluşturulması, makineye ait gövde, kapak, mil vb. yapıların üretilmesi ve tüm parçaların bir araya getirilmesi büyük bir titizlikle yapılmak zorundadır. Oluşabilecek olumsuz bir durumda, stator ve rotor kutupları arasındaki hava aralığı etkilenebilecektir. Bu durum makinenin performansına doğrudan etki edeceğinden, büyük bir titizlikle yapılması önem arz etmektedir.

Analiz sonrasında prototip geometrik yapının imalatında M19 malzeme kullanılacak olup lazer

kesim işleminden sonra elde edilen stator ve rotor malzemeler Şekil 8'de görülmektedir. Şekil 9'da ise lazer kesim işlemi gerçekleştirilmiş olan stator ve rotor parçalarının yüzey yalıtım işlemine ait resimler gösterilmiştir.

Bu aşamadan sonra bir yüzeyi yalıtılmış saçlar paketleme işleminden önce iyici kurutulur. Kapaklar, gövde ve mil imalatı için torna tezgâhı kullanılmış olup profesyonel manada hizmet alımı ile bu aşama gerçekleştirilmiştir. Gözde ve kapakların imalatında sertleştirilmiş alüminyum malzeme tercih edilmiştir. Bunun sebebi ise alüminyum malzemenin işleme kolaylığı ve motorda meydana gelebilecek ısının stator gövdesinden uzaklaştırmada soğutucu görevinin gerçekleştirecek olmasıdır. Hazırlanan gövde kapak ve diğer bileşenler ile deney düzeneğine ait diğer parçalar Şekil 10'da görülmektedir. Aynı zamanda deneysel düzeneğin mekanik kısımlarının montaj işlemi sonrası son hali Şekil 10'un sağ alt kısmında gösterilmiştir.



Şekil 8. Lazer Kesim İşlemi Sonrası



Şekil 9. Yalıtım işleminin gerçekleştirilmesi



Şekil 10. Deneysel Düzeneğin Bileşenleri

3.1. Denetim Kartlarının Tasarım ve İmalatı

Gerçekleştirilen çalışmada deneysel düzeneğin kullanılabilmesi ve ARM'nin çalıştırılabilmesi elektronik sürücü kartların tasarımı ve imalatı şarttır. Bu bağlamda öncelikli olarak deneysel düzeneğin çalıştırılabilmesi için gerekli olan elektronik kartlara ait işlevler öncelikli olarak tanımlanmıştır. Bunlar:

- Güç Katı İşlevi: ARM'ye güç aktarım işleminin gerçekleştirilmesi olarak tanımlanabilir.

- Güç Devresi Sürücü İşlevi: ARM'ye güç aktarılma işlevini gerçekleştiren elektronik kartın sürülmesi işlemidir.

- Hesaplama ve Denetim İşlevi: ARM'nin fazlarının motor miline bağlı olan enkoderden (bağlı olduğu milin hareketine karşılık, sayısal bir elektrik sinyali üreten elektromekanik cihaz) alınan bilginin işlenmesi ve bu bilgiye bağlı olarak fazların denetimi işlevidir.

- Akım ve Gerilim Değerlerinin Algılanması İşlevi: ARM'yi yüklemek amacıyla

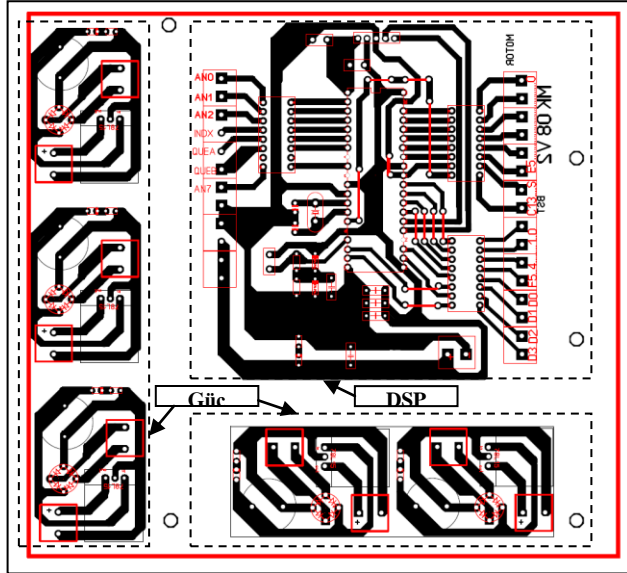
kullanılan doğru akım jeneratörü tarafından üretilen enerjinin yüke aktarımı esnasında yükün çektiği akım ve uç geriliminin ölçülmesi, güç anahtarlarının faz akımlarının ölçülmesi, ve yardımcı anahtarlar üzerinden geçen akımın ölçülmesi amacıyla tasarlanan elektronik devredir.

Belirtilen işlevlerin temel olarak yerine getirebilecek olan elektronik devrelerin tasarımından sonra PCB (Printed Circuit Board Baskı Devre Kartı) şeması hazırlanmıştır.

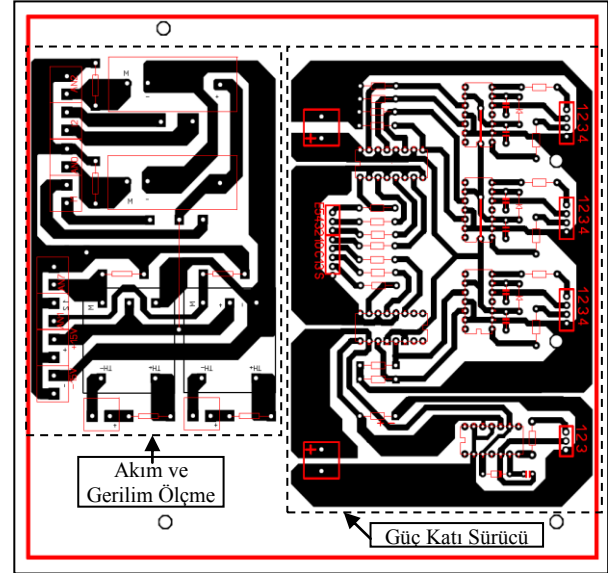
Şekil 11'deki elektronik kartta toplam 5 (beş) adet güç kaynağı baskı şeması bulunmaktadır. Bu kaynaklar +5V ve +15V çıkışlarına sahiptir. +5V çıkış sadece DSP besleme amaçlı olarak kullanılmıştır. İki adet +15V kaynak ise akım ve gerilim algılayıcı devrelerin beslemesi için gereklidir. Bir adet +15V kaynak; güç katını sürmek için kullanılan sürücü devrelerin

beslenmesinde sarf edilmiştir. Son kalan kaynak ise kartların soğutulması ve güç anahtarların soğutulması için kullanılan fanları beslemektedir. Şekil 12'de akım ve gerilim algılama devresine ait baskı şemasını ve güç katında bulunan anahtarları DSP'den gelen denetim sinyallerini güç anahtarlarını denetleyebilecek seviyeye çıkararak güç katı sürücü devresine ait baskı devre şemasını barındıran elektronik kart gösterilmiştir [11].

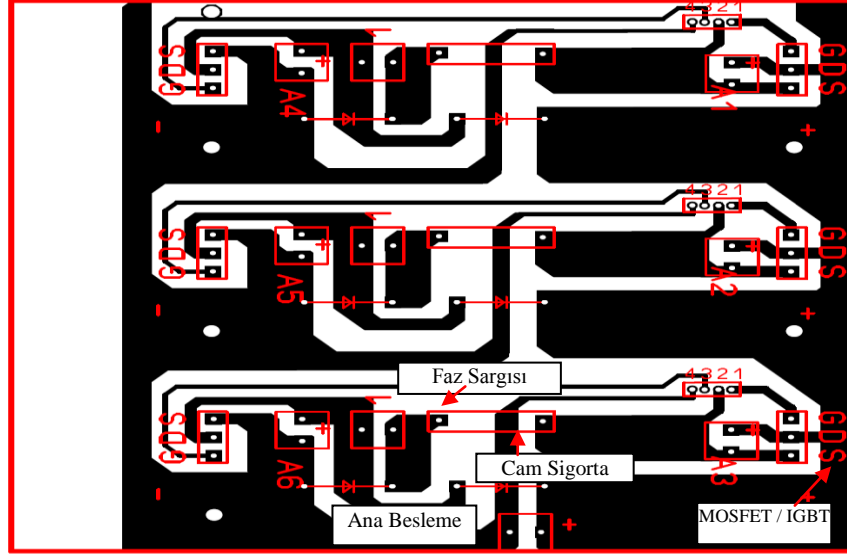
Şekil 12'de görülen güç katı sürücü devresinde bağımsız bir harici çıkış kullanılmıştır. Bu çıkış ileriki dönemde gerçekleştirilmesi düşünülen projelerde ihtiyaç olma durumu düşünülerek baskı devresine ilave edilmiştir. Şekil 13'de ARM'nin faz sargılarını denetlemek için kullanılan güç anahtarlarını ve yardımcı elemanları barındıran elektronik karta ait baskı devre şeması verilmiştir.



Şekil 11. DSP ve Güç Kaynakları Baskı Devre Şeması



Şekil 12. Akım, Gerilim ve Güç Katı Sürücü Devresi Baskı Şeması



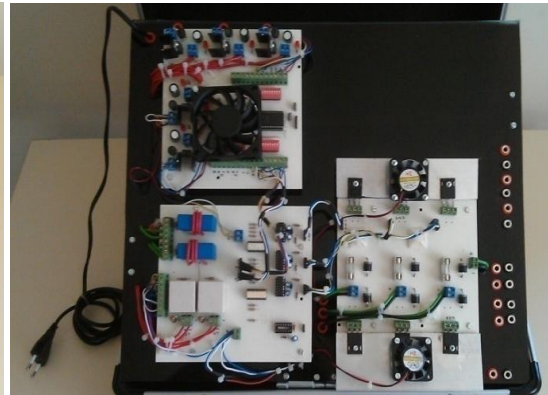
Şekil 13. Güç Katı Baskı Şeması

Şekil 13'de elektronik kart ARM faz sargılarını besleyeceği ve güç anahtarların denetim işlemini gerçekleştireceği için baskı devre şemasındaki bakır yollar diğer elektronik kartlardaki yollara oranla daha kalındır. Böylece akım taşıma kapasitesi artırılmış olunur. Ayrıca bu kartta yüksek miktarda akım taşınacağı için olası

problem durumlarında sistemin korunması ve zarar görmesini önlemek adına faz sargılarına seri cam sigorta konulmuştur. Şekil 14'da elektronik kartların montajının yapıldığı taşıma çantası ve şekil 15 da ise elektronik kartlar gösterilmiştir.



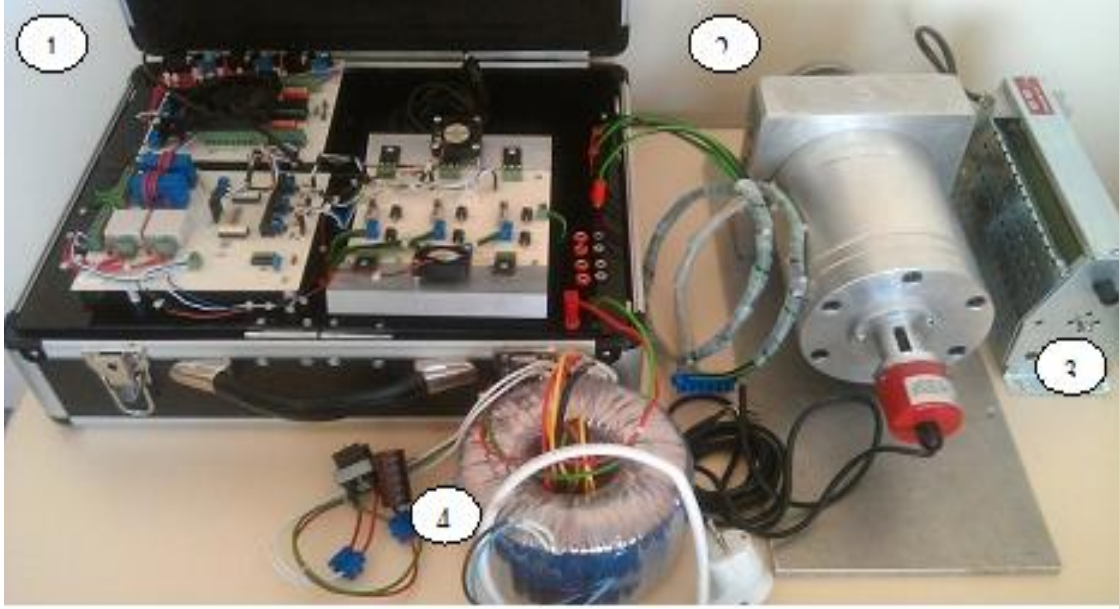
Şekil 14. Taşıma Çantası



Şekil 15. Elektronik Kartlar

Yapılan çalışma kapsamında üretilmiş olan deney seti ve tüm parçaları şekil 16'da gösterilmiştir. Buna göre 1 numara ile gösterilen elektronik kartlar, 2 numara ile gösterilen motor

jeneratör enkoder deney düzeneği, 3 numara ile gösterilen ohmik yük ve 4 numara ile gösterilen ARM'ye enerji sağlayacak olan troid trafodur.

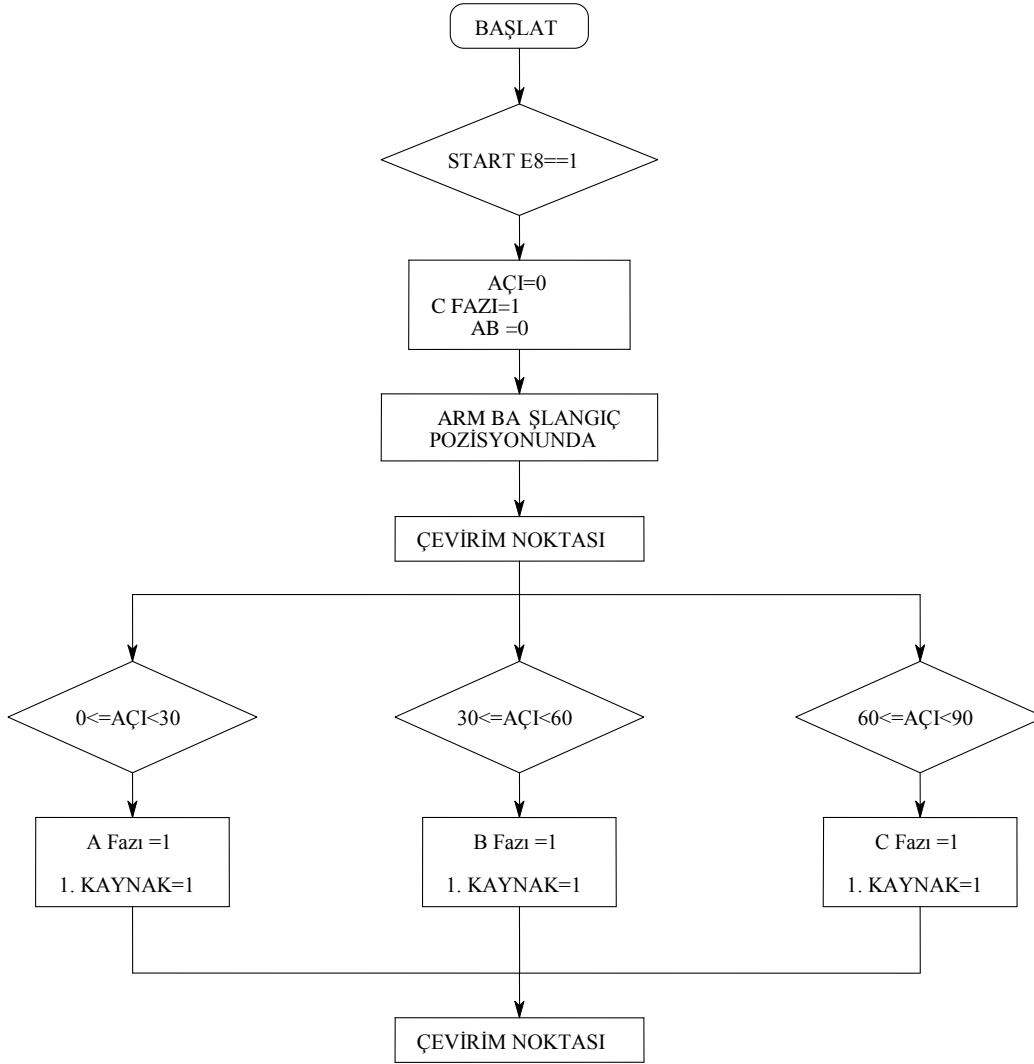


Şekil 16. Proje Kapsamında Geliştirilen Cihazlar

4. DENEYSEL DÜZENEGİN ÇALIŞTIRILMASI

Makinenin denetimi için doğru denetleyicinin doğru bir şekilde çalıştırılması gereklidir. Deneysel düzeneğin denetlenebilmesi ve motorun çalıştırılabilmesi için gerekli olan denetleyici denetim yazılımı Microchip firması tarafından geliştirilmiş olan MPLAB programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen yazılım, Microchip firması tarafından geliştirilmiş olan c30 kullanılarak derlenmiş ve kaynak kod üretilmiştir. Denetim algoritması şekil 17'de gösterilmiştir. Denetim algoritmasına

göre başlangıçta C fazı kısa bir süreliğine aktif edilerek sistemin rotor konumunun başlangıç konumunu alması sağlanır. Sonraki aşamada ise konum sayacı içeriği sıfıra eşitlenerek sırası ile 30'ar derecelik artırımlar ile A,B,C fazları devreye alınır. Hangi fazın devreye alınacağı konum algılayıcısından alınan konum bilgisinden faydalanılarak belirlenir. Bu şekilde rotorun dönmesi sağlanır. Rotorun konum değiştirmesi ile oluşan yeni konum bilgisi algılayıcı tarafından algılanır ve ilgili faz sargısı enerjilenecek şekilde rotorun dönme hareketinin sürekliliği sağlanır.



Şekil 17. DSP (Sayısal İşaret İşleme) Denetim Algoritması

5. GERÇEKLEŞTİRİLEBİLECEK DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Gerçekleştirilen deneysel düzenekte algılayıcı olarak iki adet akım algılayıcı, iki adet gerilim algılayıcı ve bir adet konum algılayıcı bulunmaktadır. Ayrıca ARM ve Sürücü sistemi beslemek için 50V ve 10A gücünde bağımsız dört kaynak bulunmaktadır.

Kurulu sistem ile deneysel düzenekteki ARM'nin devri, konum algılayıcısından alınan geri besleme verisi kullanılarak üretilen hata sinyaline bağılı bir şekilde P (Oransal), PI (Oransal-İntegral), PID (Oransal-Türev-İntegral)

ve var-yok denetim gibi denetim teknikleri kullanarak denetlenebilmektedir.

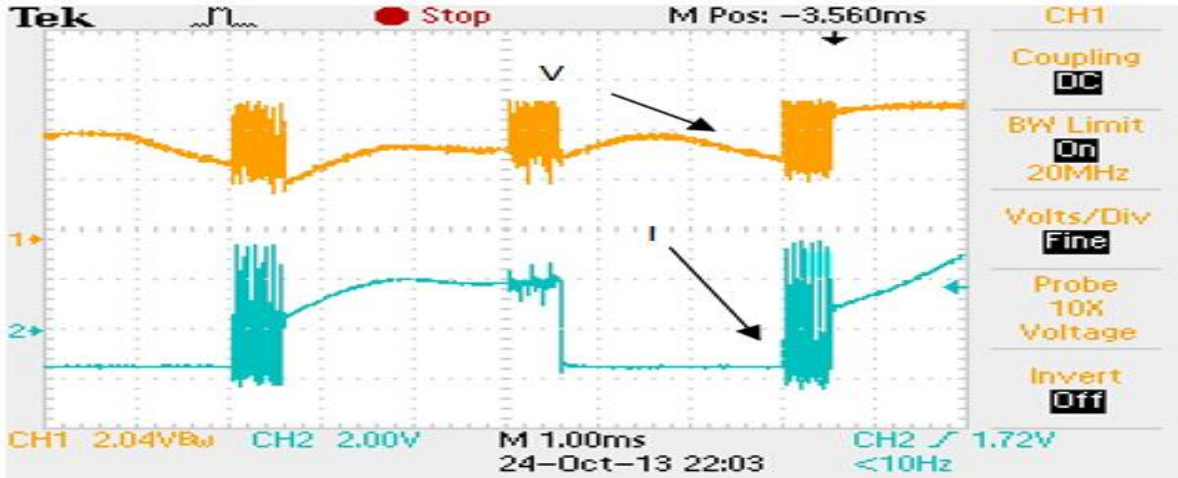
Ayrıca ölçüm katında yer alan akım algılayıcılar kullanılarak histerezis denetim teknikleri sürücü sistemin denetlenmesinde kullanılabilir.

Konum ve akım algılayıcılar birlikte kullanılarak öz ayarlamalı (self tuning) denetim tekniği, Fuzzy (Bulanık) denetim ve benzeri denetim teknikleri deneysel düzenekte ARM üzerinde uygulanabilmektedir.

Bunlara ek olarak geliştirilmiş olan düzenek ile algılayıcısız ARM denetim tekniği algoritmaları da denenebilmektedir.

ARM'nin deneysel düzenek üzerinde çalıştırılması sonrasında alınan akım ve gerilim değerleri şekil 18'de gösterilmiştir. Gerçekleştirilen yüklü çalışma testinde ortalama

faz akımı 7A ve uygulanan gerilim ortalama 40 V'tur. Bu değerlere bağlı olarak ARM 1420 d/dk devir ile dönmektedir.



Şekil 18. ARM'nin Yüklü Çalışması

6. ARM'Lİ SİSTEMLERDE GÜVENİLİRLİK ANALİZ YÖNTEMLERİ

Güvenilirlik, bir cihaz veya ekipmanın ya da bir sistemin belirli şartlar altında, fonksiyonlarını yerine getirebilme olasılığı olarak tanımlanır. Güvenilirlik mühendisliği ise, istatistik ve mühendisliğin kullanıldığı bir disiplindir [12]. Güvenilirlik analizleri, tasarlanan sistemin belirli koşullar altında ne kadar hatasız çalışacağını bilmesini, belirli bir olasılık altında milyon saat olarak belirlenmesinde kullanılır. Özellikle elektronik komponentlerin stres değerlerine göre ömür zamanları değişim göstermektedir. Laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen testler sonucunda elde edilen veriler ömür analizlerinin girdisi olarak kullanılır.

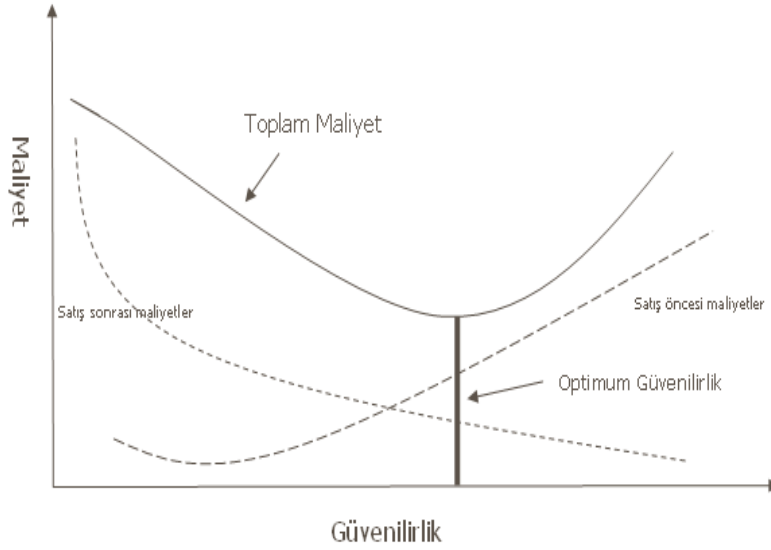
6.1. Test Tipleri, Uygulamaları ve Yararları

Güvenilirlik testleri, tasarlanan bir ürünün veya elektronik kartın veya bu tasarımda kullanılan elemanların belirli koşullar altında kendisinden

beklenen fonksiyonlarını yerine getirip getirmediğini veya daha ne kadar getirebileceğinin bilgisini özel ekipmanlar, cihazlar, odalar ve istatistiksel araçlar kullanarak ortaya çıkaran bir dizi bilimsel işlemler dizisidir. Güvenilirlik testleri, tasarım doğrulama veya kalite testlerinden biraz daha farklı bir yapıdadır. Bu testler ile amaçlanan, ürünün normal çalışma koşullarındaki durumunun yanısıra farklı çalışma koşullarındaki durumunun analiz edilmesidir. Hedeflenen güvenilirlik seviyesine ulaşılması için uygulanacak Güvenilirlik programı ile tasarımın geliştirilmesi gereklidir. Güvenilirlik programının en önemli ögesi Güvenilirlik testleridir. Testler sonucunda elde edilen veriler özel laboratuvar koşullarında gerçekleştirildiği gibi sahada alınan veriler de doğru analiz için gereklidir. Güvenilirlik testleri bileşen (komponent) seviyesi testler ve sistem seviyesi testler olmak üzere birbirinden farklı iki aşamada uygulanır. Bileşenler, sistem içerisinde daha kesin ve hassas tanımlamalara sahiptir. Sistem ise, bu bileşenlerin birbiriyle etkileşimi

sonucu daha fonksiyonel bir yapıya sahiptir. Test planlaması daha kolay olup, test süresi daha düşüktür. Karar kriteri daha somut çıktılara dayanır (çalışıyor, arızalı, performans kötü vs). Örneğin, bir elektronik ana kart üzerinde kapasiteler (elektrolitik, MKP, SMD vs), diyotlar (güç diyotları, zener diyotlar vs)

dirençler (film, karbon, metal glaze dirençler vs) transistörler (anahtarlama, güç vs), entegre devreler gibi bileşenlerden oluşur. Uygulanacak Elektronik komponentlerin üretici firma tarafından sağlanan spek değerlerinin doğrulaması laboratuvar koşullarında güvenilirlik testleri ile sağlanır.[13].



Şekil 19. Güvenilirlik-Maliyet İlişkisi [13]

Güvenilirliğin artması ile üretim maliyetleri de artar, çünkü, daha iyi kalitede elemanların kullanımı, üretim süreçlerinin, kontrol ve test süreçlerinin daha yakından takibi gerekir. Diğer yandan ise bakım ve tamir maliyeti düşer. Şekil 19, optimum güvenilirlik seviyesini yakalamanın, toplam maliyeti en aza indirmek anlamı taşıdığını ifade etmektedir [13].

ARM'li sistemlerin tasarım aşamasında gerçekleştirilen güvenilirlik testleri ile hata durumlarını simüle etmek ve bu hata durumlarının oluşmasına engel olmak, analizler ile tasarım kalite seviyesini artırmak temel amaç olmaktadır. Bu sistemlerde güvenilirlik testlerine başlamadan önce test planının çıkarılması

gereklidir. Test planı, aşağıdaki iki aşamada gerçekleştirilir [12].

6.2. Elektronik Kart Seviyesi Testleri

Elektronik kart seviyesi testler; Elektriksel ve çevresel testler sonucunda stres değerlerinin ölçülmesi ile gerçekleştirilir. Elektronik kart üzerindeki her bir komponent farklı çalışma koşullarında akım, gerilim ve sıcaklık değerleri ölçülür. Bu stres değerleri MTBF(Mean Time Between Failure) hesaplamaları için girdi oluşturacaktır. Elektronik kartın Elektromanyetik uyumluluk testleri ilgili standartlara uygun olarak gerçekleştirilir.

6.3. Sistem Seviyesi Testleri

Bir sistemi veya cihazı oluşturan tüm elektronik kartlar ayrı ayrı test edildikten sonra, bir bütün olarak belirli testleri tekrar etmek ve bu koşullar altındaki çalışma durumunu gözlemlemek gereklidir. Bu kritik testler aşağıda verilmiştir.

Elektriksel Testler: Elektriksel Performans testleri, Heat-run ömür testi ve Şebeke Dalgalanmaları testleridir.

Çevresel Testler: Yüksek/Düşük Sıcaklık Testi, Nem Testi, Sıcaklık Çevrim Testi, Termal şok testleridir.

Mekanik Testler: Yol Durumu Simülasyon testi (Elektro Dinamik Titreşim) ve Serbest Düşme Testleridir.

EMC/EMI: Radiated Emission, Conducted Emission, Harmonic&Flicker Testleridir [12].

Yukarıdaki testlerden başarı ile geçmiş bir ARM, tasarım doğrulaması gerçekleşmiş güvenilir bir ürün olarak adlandırılır.

7.SONUÇ

Anahtarlı Relüktans Motorları hakkında bilimsel atıf dizinleri tarandığında binlerce makale ve konferans yayınının bulunduğu görülmektedir. Anahtarlı relüktans motorun momentte dalgalanma ve akustik gürültü olmak üzere iki sakıncası vardır [14]. Ancak buna rağmen katkı sağlamıştır

Kaynaklar

[1]Duran F., Endüstriyel çamaşır makinelerinde anahtarlamalı relüktans motoru kullanımı ve sistemin zeki denetimi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, Ankara, 2008.

[2]Omaç Z.; Yeni bir anahtarlı relüktans motorun tasarımı ve akım kontrolü, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2006.

[3]Geçit İ., Terslendirilmiş anahtarlamalı relüktans motor tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2007.

[4]Karaçor M., Karşıtlı kuplajlı anahtarlı relüktans motorunun moment dalgalılığının azaltılması, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2010.

yüksek moment üretme yeteneği, hız ve verimliliği endüstride tercih sebeplerinden sayılabilir [15].

Konu hakkında oldukça fazla çalışma olmasına rağmen eğitim amaçlı ARM temininde oldukça güçlük yaşanmış ve sonunda özel imalat yöntemi kullanılmıştır. Bu aşamada çeşitli güçlükler yaşanmış olup okuyucuların bu güçlükleri kolayca aşabilmeleri amacıyla çeşitli yardımcı bilgiler kullanıcılara verilmiştir. Böylece okuyucuların bu bilgi birikimlerinden yararlanarak muhtemel zorlukları aşmaları amaçlanmıştır. Ayrıca sonraki aşamada ARM'li sistemlerin güvenilirlik analizleri de hedeflenmiştir.

Çalışma sonrasında üretilen deneysel düzenek sayesinde ARM'ların çalışması ve denetimi hakkında gerçekleştirilmesi hedeflenen yüksek lisans ve doktora ders ve tez çalışmaları daha kolay gerçekleştirilebilecektir. Aynı zamanda geliştirilen düzenekte var olan algılayıcılar sayesinde birçok denetim tekniği ARM'ye kolayca uygulanabilmektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilen deneysel düzenekte iki farklı doktora çalışmasından faydalanılmış, moment denetim tekniği ve yumuşak anahtarlama denetim tekniği test edilerek sonuçlara büyük.

[5]Karaçor M., Kuyumcu F. E., "Matlab GUI Based SRM Design Program", ACEMP'07 and ELECTROMOTION'07 Joint meeting (10-12 September 2007 Bodrum Turkey).

[6]Karaçor M., Karşıtlı kuplajlı anahtarlı relüktans motorunun moment dalgalılığının azaltılması, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2010.

[7]Yılmaz K., Anahtarlı relüktans motorunun sargı yapısı değiştirilerek moment performansının iyileştirilmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2004.

[8]Krishnan R., Switched reluctance motor drives: modeling, simulation, analysis, design, and applications, CRC Press, New York, 2001.

[9]Geçit İ., Terslendirilmiş anahtarlama relüktans motor tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2007.

[10]Karaçor M., Yılmaz K., Kuyumcu F.E., Modeling MCSRМ with artificial neural network, ACEMP '07, Bodrum, Türkiye, 10-12 Eylül 2007.

[11]Kumar R., Gupta R.A., Bishnoi S. K., Converter topologies for switched reluctance motor drives, International Review of Electrical Engineering-I.R.E.E, 2008, 6 (2), 289-299.

[12]Nil M., Demir M., Nil M., Çakır B., “ Eviricilerde Yumuşak Geçiş Tekniklerinin İncelenmesi, MTBF Analizi ve Harmoniklerin Azaltılmasında Kullanılan Yöntemler ”, 30-35, Fırat

Üniversitesi Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Sempozyumu 2011 – ELAZIĞ

[13] Nil M., “Eviricilerde Yeni Bir Yumuşak Anahtarlama Devresinin Tasarımı, Gerçekleştirilmesi ve Analizi”, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli,2009.

[14] Omaç Z., Kürüm H., Selçuk A. H.,”18/12 Kutuplu Bir Anahtarlı Relüktans Motorun Tasarımı, İncelenmesi ve Kontrolü”, Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 339-346, 2007

[15] Omaç Z., Kürüm H, Selçuk A. H, “Digital Current Control of Switched Reluctance Motor”, International Journal of Electrical and Power Engineering,5(1),pp. 54-61, 2011

Geliş Tarihi:19.12.2013

Kabul Tarihi: 25.07.2014

