|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **SAVUNMA SANAYİİ İÇİN ARAŞTIRMACI YETİŞTİRME PROGRAMI**  **(SAYP) ARAŞTIRMA PROJESİ** | | | |
| **İlgi**  Bu araştırma projesi 04.10.2011 tarihinde SSM, ODTÜ ve ASELSAN arasında imzalanan “Savunma Sanayii için Araştırmacı Yetiştirme Programı (SAYP) Mutabakat Metni” kapsamında yapılmaktadır. | | | |
| **Araştırma Projesi Adı (Tez Çalışma Konusu)** Kalıcı Mıknatıslı Senkron Motorlarda Durum Gözlemleme ve Hata Tanılama | | | |
| **Kapsamı**  Bu tez çalışmasında, askeri hareket kontrol sistemlerinde ağırlıklı olarak kullanılan kalıcı mıknatıslı senkron motorlarda meydana gelebilecek hataları tanılama altyapısı geliştirilecektir. Bu altyapı kullanılarak motorların durumu takip edilecek ve oluşabilecek hataların sisteme kritik zararlar vermesi önlenecektir. | | | |
| **Tez Programı**  Yüksek Lisans Tezi  Doktora Tezi | **Araştırmanın Yeri**  Üniversite  Firma | **Projenin Teknoloji Alanı**  - Elektrik  - Elektronik  - Elektromekanik | **Uygulama Alanı**  - Kara platformları  - Deniz platformları  - Hava platformları |
| **Öngörülen Proje Süresi**  Başlama Tarihi: 15.10.2017  Proje Süresi: 15 Ay | | **Proje Bütçesi**  63400 TL (KDV Hariç) |
| **Ödeme Planı**  Birinci Altı Aylık Dönem 28900 TL  İkinci Altı Aylık Dönem 29500 TL  Üçüncü Üç Aylık Dönem 5000 TL  Toplam (KDV Hariç) 63400 TL | | **Proje Bütçesi (Detay)**  Demirbaş Alımları 30400 TL  Akademik Personel Ödemeleri 17000 TL  Yurtiçi ve Yurtdışı Seyahat Masrafları 10200 TL  Sarf Malzemesi Alımları 1000 TL  Toplam 58600 TL  Döner Sermaye Payı 4800 TL  Genel Toplam (KDV Hariç) 63400 TL | |
|  | | **Araştırmacının ÜNİVERSİTE’ de geçirmesi için öngörülen süre**  Haftada toplam 5 saat | |
| **Projenin Yürütüleceği Kurum**  Adı : ODTÜ  Adresi :Üniversiteler Mah., Dumlupınar Blv., No:1, 06800, Çankaya/ANKARA  Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Ozan KEYSAN  Telefon No : +90 312 210 7586  e-mail adresi : keysan@metu.edu.tr | | **Proje Ortağı Firma**  Firma Unvanı : ASELSAN Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş.  Adresi : Mehmet Akif Ersoy Mah., 296. Cad., No:16, 06370, Yenimahalle/ANKARA  Araştırmacı : Aykut DEMİREL  Bölümü :ODTÜ Elektrik Elektronik Mühendisliği  Telefon No : +90 312 592 6453  e-mail adresi : aykutd@aselsan.com.tr  Sanayici Tez Danışmanı: Hüseyin Meşe  Telefon No : +90 312 592 3775  e-mail adresi : hmese@aselsan.com.tr | |
| **DİĞER :** *“*Kalıcı Mıknatıslı Senkron Motorlarda Durum Gözlemleme ve Hata Tanılama*”* Araştırma Projesine ilişkin Tanım Dokümanı ekte yer almaktadır. | | | |

**FİRMA: ÜNİVERİSTE**

**İsim Soyadı: İsim Soyadı: İsim Soyadı:**

**İmza: İmza: İmza:**

**Tarih: Tarih: Tarih:**

**EK-1**

**Kalıcı Mıknatıslı Senkron Motorlarda Durum Gözlemleme ve Hata Tanılama Projesi**

**Tanım Dokümanı**

# Amaç ve Gerekçe

Bu projede, askeri hareket kontrol sistemlerinde kullanılan kalıcı mıknatıslı senkron elektrik motorları (KMSM) üzerinde çalışılacaktır.

Projenin amacı; motorlarda görülen hata durumlarını tanılamak, bu tanılama algoritmasını kullanarak motorların durumunu sürekli veya periyodik olarak kontrol etmek ve henüz oluşma evresindeki hataları tahmin edebilmektir.

Proje sonunda, bu tip motorların kullanıldığı sistemlerde ortaya çıkabilecek hataların önceden tahmin edilebilmesi ve gerekli önlemlerin alınması yeteneği kazanılacaktır. Böylece; sistem çalışır durumda iken, motor kaynaklı hatalar azaltılacak ve sistemin güvenilirliği artırılacaktır.

# Tanım

Kalıcı mıknatıslı senkron motorlar; yüksek güç yoğunlukları ve hassas pozisyon kontrolüne imkan sağlayan sürüş altyapıları ile, diğer tüm alanlarda olduğu gibi savunma teknolojilerinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Bu tip motorların çeşitli coğrafyalarda, birbirinden çok farklı koşullar altında yaygın olarak kullanılıyor olması; çalışma ve taşınma sırasında çeşitli arızaların meydana gelmesi ihtimalini de beraberinde getirmektedir. Aktif kullanım sırasında ortaya çıkan hatalar geri dönüşü olmayan zararlara sebep olabilmektedir. Sistemlerdeki bu hataların kök nedeninin anlaşılması çoğu zaman mümkün olmamakta ve bu da hatanın tekrar etmesi ihtimalini artırmaktadır. Bu noktada, sistemin sürekli takibi ve hatanın ilk evrede tahmin edilmesi önem kazanmaktadır.

Bu proje kapsamında, KMSM’ lerde yaygın olarak görülen arızaların tanılanması ve sistemin bu tanılamaya dayanarak sürekli veya periyodik olarak gözlemlenmesi hedeflenmektedir. Bu sayede muhtemel hatalar, oluşma evresinde iken belirlenebilecek ve planlanan bir bakım – onarım faaliyeti ile beklenmedik hasarların önüne geçilebilecektir. Ayrıca arızaların kök nedenlerini daha iyi tanıyarak, koruyucu önlemler alınabilecektir.

Çalışma, seçilecek bir kalıcı mıknatıslı senkron motor üzerinde incelenecek arıza tiplerinin belirlenmesi ve karakteristiklerinin çıkarılması ile başlatılacaktır. Daha sonra, yapılacak olan teorik çalışmanın hayata geçirileceği; motor, motor sürücü, yük ve güç kaynağından oluşan test düzeneği kurulacaktır. Bu düzenek üzerinde, durum gözlemleme ve hata tanılama algoritması uygulanacak, sağlıklı ve arızalı motorlar incelenecek ve elde edilen bulgular teorik hesaplarla karşılaştırılarak gerekli düzeltme ve iyileştirmeler yapılacaktır.

Proje sonunda durum gözlemleme ve hata tanılama yeteneğinin donanım üzerinde doğrulanmış olması hedeflenmektedir. Bu yetenek, KMSM hakkında kullanıcıya anlık ve doğru bilgi sağlayarak sistemin güvenilirliğini artırdığı gibi çeşitli konumlarda bulunan donanımların tek merkezden çevrimiçi takibinin yapılabileceği gerçek zamanlı bir durum gözlemleme ve hata kaydı tutma sisteminin de çevrimdışı tabanını oluşturması açısından önem arz etmektedir.

# Kaynakça

### K. Liu, Z. Q. Zhu, and D. A. Stone, “Parameter Estimation for Condition Monitoring of PMSM Stator Winding and Rotor Permanent Magnets”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 60, No. 12, December 2013

### R. Mocanu and A. Onea, “Temperature Estimation for Condition Monitoring of PMSM Used in Electric Vehicles”, 2014 International Symposium on Fundamentals of Electrical Engineering University Politehnica of Bucharest, Romania, November 28-29, 2014

### G. Feng, C. Lai, and N.C. Kar, “Expectation Maximization Particle Filter and Kalman Filter Based Permanent Magnet Temperature Estimation for PMSM Condition Monitoring using High Frequency Signal Injection”, DOI: 10.1109/TII.2016.2591509, IEEE Transactions on Industrial Informatics

### P. Rogers, R. Kavasseri, and S.C. Smith, “An FPA-based Design for Joint Control and Monitoring of Permanent Magnet Synchronous Motors”, Department of Electrical and Computer Engineering, North Dakota State University, Fargo, ND

### M. Zhu, W. Hu, and N.C. Kar, “Torque-Ripple-Based Interior Permanent-Magnet Synchronous Machine Rotor Demagnetization Fault Detection and Current Regulation”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 53, No. 3, May-June 2017

### D. Bayram and S. Şeker, “Redundancy-Based Predictive Fault Detection on Electric Motors by Stationary Wavelet Transform”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 53, No. 3, May-June 2017

### G. Feng, C. Lai, K. Mukherjee, and N.C. Kar, “Online PMSM Magnet Flux-Linkage Estimation For Rotor Magnet Condition Monitoring Using Measured Speed Harmonics”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 53, No. 3, May-June 2017

### J. Li, M. Sumner, J. A. Padilla, and H. Zhang, “Fault Signal Propagation through the PMSM Motor Drive Systems”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 53, No. 3, May-June 2017

### M. B. K. Bouzid, G. Champenois, A. Maalaoui, and S. Tnani, “Efficient Simplified Physical Faulty Model of a Permanent Magnet Synchronous Generator Dedicated to the Stator Fault Diagnosis Part I: Faulty Model Conception”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 53, No. 3, May-June 2017

### M. B. K. Bouzid and G. Champenois, “An Efficient Simplified Physical Faulty Model of a Permanent Magnet Synchronous Generator Dedicated to the Stator Fault Diagnosis Part II: Automatic Stator Fault Diagnosis”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 53, No. 3, May-June 2017

### G. Feng, C. Lai, and N. C. Kar, “Particle Filter based Magnetic Flux Linkage Estimation for PMSM Magnet Condition Monitoring Using Harmonics in Machine Speed”, DOI: 10.1109/TII.2016.2616331, IEEE Transactions on Industrial Informatics

### J. Faiz and E. Mazaheri – Tehrani, “Demagnetization Modeling and Fault Diagnosing Techniques in Permanent Magnet Machines Under Stationary and Nonstationary Conditions: An Overview”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 53, No. 3, May-June 2017

### Y. Qi, M. Zafarani, B. Akin, and S. E. Fedigan, “Analysis and Detection of Inter-Turn Short-Circuit Fault through Extended Self-Commissioning”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 53, No. 3, May-June 2017

### S. Choi, M. S. Haque, A. Arafat, and H. A. Toliyat, “Detection and Estimation of Extremely Small Fault Signature by Utilizing Multiple Current Sensor Signals in Electric Machines”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 53, No. 3, May-June 2017

### C. P. Salomon, W. C. Santana, G. L. Torres, L. E. Borges da Silva, E. L. Bonaldi, L. E. Lacerda de Oliveira, J. G. Borges da Silva, A. L. Pellicel, G. C. Figueiredo, and M. A. A. Lopes, “Discrimination of Synchronous Machines Rotor Faults in Electrical Signature Analysis, Based on Symmetrical Components”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 53, No. 3, May-June 2017

# İş Planı

|  |  |
| --- | --- |
| Birinci 6 Aylık Proje Dönemi (10/2017-03/2018) | * Literatür ve istatistik araştırması yapılarak incelenecek arıza tiplerinin belirlenmesi * İncelenecek sinyaller ve uygulanacak sinyal işlemi yöntemi belirlenerek arızaların karakteristiklerinin çıkartılması * Durum gözlemleme ve hata tespiti algoritmasının oluşturulması * Algoritmanın donanım üzerine aktarılması |
| İkinci 6 Aylık Proje Dönemi (04/2018-09/2018) | * Algoritmanın doğrulanacağı test düzeneğinin oluşturulması * Test düzeneğinde arızalı ve sağlam motorlar ile deneyler yapılması * Deney sonuçlarının değerlendirilmesi |
| Üçüncü 3 Aylık Proje Dönemi (10/2018-12/2018) | * Deney bulgularına göre algoritmanın iyileştirilmesi * Yüksek lisans tezinin sonlandırılması * Proje raporunun yazılması * Projenin sonlandırılması |

# Proje Ekibi

Araştırmacı : Aykut DEMİREL

Sanayici Tez Danışmanı : Hüseyin MEŞE

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Ozan KEYSAN

# Proje Harcama ve Ödeme Planı



# Harcama Kalemlerinin Gerekçeleri

## Demirbaş Alımları

Motor test düzeneği : Proje kapsamında geliştirilecek olan algoritmanın test edilmesi ve deneysel olarak doğrulanması amacıyla kurulacak olan test düzeneğine yapılacak olan ödemedir. Test düzeneği; yük ve test motorlarının, motor sürücülerinin, sensörlerin ve diğer ölçüm ekipmanlarının entegrasyonunu sağlayacak mekanik iskeleti kapsamaktadır.

Test ve yük motorları : Algoritmanın üzerinde geliştirileceği ve doğrulanacağı test motoru ile testler sırasında karşı yük olarak kullanılacak olan yük motoruna yapılacak olan ödemedir.

Test ve yük sayısal kartları : Test ve yük motorlarının motor sürme işlevlerini gerçekleştirmesi için gerekli işlem yükünü karşılayacak olan, motor sürme ve durum gözlemleme yazılımlarının üzerlerinde koşacağı sayısal kartlara yapılacak olan ödemedir.

Test ve yük motor sürücüleri : Test ve yük motorlarının hareket kabiliyetini sağlayacak olan motor sürücülere yapılacak olan ödemedir.

Ölçüm ekipmanı : Testler sırasında akım geri beslemelerini gözlemlemek amacıyla kullanılacak olan akım ölçüm ekipmanına yapılacak olan ödemedir.

Moment sensörü : Testler sırasında moment geri beslemelerini gözlemlemek amacıyla kullanılacak olan moment sensörüne yapılacak olan ödemedir.

Bilgisayar : Durum gözlemleme ve hata tanılama algoritmasının geliştirileceği yazılım ortamlarını sağlayacak, sayısal kartları programlayacak ve motor sürme işlevinde komutları gönderecek olan test bilgisayarına yapılacak olan ödemedir.

## Dış Kurumlardan Satın Alınan Hizmetler

Bulunmamaktadır.

## Personel Ücretleri

Akademik Personel Ödemleri : Tez danışmanına yapılacak olan ödemedir.

## Yurtiçi ve Yurtdışı Seyahat Masrafları

Konferans katılım masrafı : Proje süresi içinde yapılması planlanan yurt içi veya yurt dışı konferans katılımı için yapılacak ödemedir. Bu ödemenin içinde konferans katılım, yolculuk ve konaklama ücretleri bulunmaktadır.

## Sarf Malzemesi Alımları

Elektronik ve mekanik malzeme : Proje süresince oluşturulacak test düzeneklerinde kullanılmak üzere alınacak olan kablo, vida gibi elektronik ve mekanik sarf malzemelerinin alımı için yapılacak ödemedir.

# Proje Ekibinin Proje Konusu ile İlgili Daha Önce Yapmış Olduğu Yayınlarının ve/veya Projelerin Listesi

## Yayınlar

### H. B. Ertan and O. Keysan, “Real-Time Speed and Position Estimation Using Rotor Slot Harmonics”, IEEE Transactions on Industrial Informatics, 9(2): 899-908.5 2013

### O. Keysan, A. McDonald, and M. Mueller, “Integrated Design and Optimization of a Direct Drive Axial Flux Permanent Magnet Generator for a Tidal Turbine”, International Conference on Renewable Energies and Power Quality – IRCEP2’10, 2010

### O. Keysan, “Future Electrical Generator Technologies for Offshore Wind Turbines”, Engineering Technology Reference, (December 2014): I-24. I 2015

### O. Keysan and H. B. Ertan, “Determination of Rotor Slot Number of an Induction Motor Using External Search Coil”, Facta Universitatis – Series: Electronics and Energetics, 22(2): 227-234. 2009

### H. Meşe, “A Discrete-Time Controller Design for the Current Loop of Permanent Magnet Synchronous Motor Drives”, Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, 2015

### H. Meşe, “Compensation of Nonlinear Effects in Three-level Neutral-Point-Clamped Inverters Based on Field Oriented Control”, 15th International Power Electronics and Motion Control Conference, EPE-PEMC ECCE Europe, 2012

### H. Meşe, “Compensation of Dead-time Effects in Three-level Neutral-Point-Clamped Inverters Based on Space Vector PWM”, International Aegean Conference on Electric Machines and Power Electronics & Electromotion Joint Conference, 2011

## Projeler

### ASELSAN, MW Wind Turbine, Feasibility Analysis and Design of a MW sized Direct Drive Wind Turbine Generator, 2017 (O. Keysan)

### ASELSAN, Rail-Gun Project, Electromagnetic Design and Optimization of a 200 kJ – 2 MJ Electromagnetic Launcher, 2016-2017 (O. Keysan)

### Andar Servo, Design and Manufacturing of a Brushless PM Servo Motor, 2016 (O. Keysan)

### TUBITAK, 2232 Project, Design of Modular and Fault-Tolerant Generators for Direct-Drive Wind Turbines (O. Keysan)

### United Arab Emirates Uni., Design of a 5 kW Permanent-Magnet Linear Generator Test-rig, 2013 (O. Keysan)

### SARP Uzaktan Komutalı Silah Sistemleri, Vektör Kontrollü Motor Sürücü ve Motor Kontrol Algoritması Geliştirme (H. Meşe, A. Demirel)

### Yeni Nesil Fırtına Obüs Projesi, Vektör Kontrollü Motor Sürücü ve Motor Kontrol Algoritması Geliştirme (H. Meşe, A. Demirel)

### 9. PROJE KAPSAMINDA ALINAN MAKİNE VE DONANIMIN MÜLKİYET HUSUSU

**SAYP Araştırma Projesi kapsamında alınan makina ve donanımların mülkiyeti proje sonunda Üniversite’de kalacaktır. Bakım ve muhafaza konusunda Üniversite’nin yeterli altyapısı olmaması durumunda, makine ve donanımlar ilgili Firma mülkiyetinde kalabilecektir. Her iki durumda da, söz konusu donanımı SSM ve SSM’ nin onayı ile belirlenmiş kurum/kuruluşlar kullanabilecektir.**