

## YEDEKLİ ELEKTROMEKANİK HAREKETLENDİRİCİ DOĞRULAMA VE İYİLEŞTİRME FAALİYETLERİ

Yunus AKMAN<sup>1</sup>  
Türk Havacılık Uzay Sanayii A.Ş., Ankara

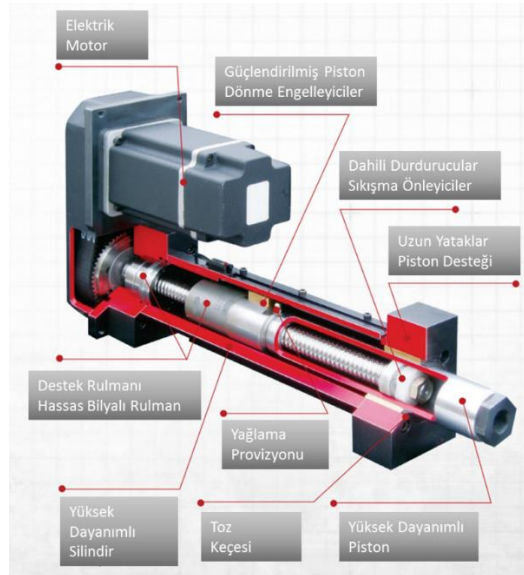
### ÖZET

*Bu bildiri kapsamında yerli olarak geliştirilme faaliyetleri tamamlanan Yedekli Elektromekanik Hareketlendirici (EMH) ekipmanı için gerçekleştirilen doğrulama ve iyileştirme faaliyetleri anlatılmaktadır. İnsan gücünün yeterli olmadığı durumlarda (örneğin, iniş takımı veya büyük kontrol yüzeyi hareketlerinin sağlanması) veya insansız platformlarda kullanılmakta olan farklı hareketlendirici sistemleri mevcuttur. Güç ihtiyacına göre ve hava araçlarında mevcut kurulu güce uygun olarak hareketlendirici tipleri belirlenmektedir. Geliştirme faaliyetleri tamamlanan ekipmanların hava araçlarına takılmadan önce tamamlaması gereken doğrulama faaliyetleri bulunmaktadır.*

### GİRİŞ

Elektromekanik hareketlendiricilerin (EMH) havacılık alanında kullanımı ve uygulama örnekleri VII. Ulusal Havacılık Ve Uzay Konferansı'nda UHUK-2018-085 numaralı bildiri ile sunulmuştur. [Akman, 2018].

Yapılan bu çalışma VII. Ulusal Havacılık Ve Uzay Konferansı'nda sunulan çalışmanın devamı kapsamındadır.

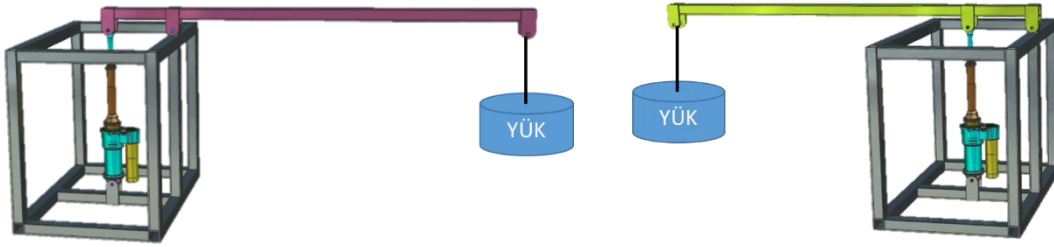


Şekil 1: Elektromekanik Hareketlendirici [Electric Heavy-Duty Ball Screw Linear Actuators, EDRIVE]

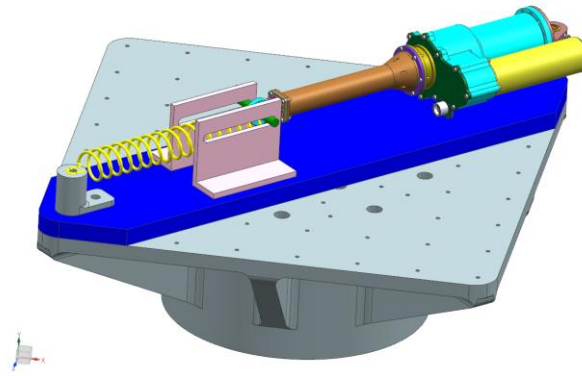
<sup>1</sup> Kıdemli Tasarım Uzmanı, E-posta: yakman@tai.com.tr

## ELEKTROMEKANİK HAREKETLENDİRİCİ PERFORMANS TESTLERİ

Prototip imalatı yapılan EMH'nin doğrulaması aşamasında yapılacak testler için öncelikle test düzenekleri tasarlanmış ve üretilmiştir.



Şekil 2: Fonksiyonel Test Düzeneği – Çekme / Basma Yüğü



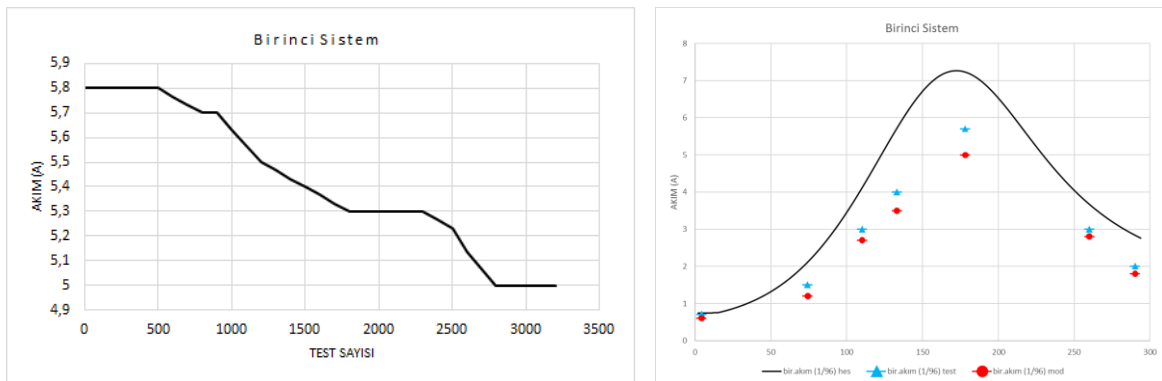
Şekil 3: Titreşim Test Düzeneği

### Ömür Testleri

Montajı tamamlanan prototip ekipman Şekil 2 de gösterilen test düzenekleri yardımıyla Ömür Testlerine tabii tutulmuşlardır.

EMH'de kullanılmakta olan Birinci Sistem'e kullanımı sırasında maruz kalacağı maksimum dinamik yükleme ile 3200 kez çalıştırılmıştır. Ömür testi sırasında alınan akım değerleri Şekil 4 de gösterilmiştir.

Birinci Sistemin ömür testi süresi boyunca akım değerlerinde %14'lük bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Bunun temel sebebi kuvvet iletiminde kullanılan trapez vidaların birbirleriyle alışması olarak değerlendirilmiştir.

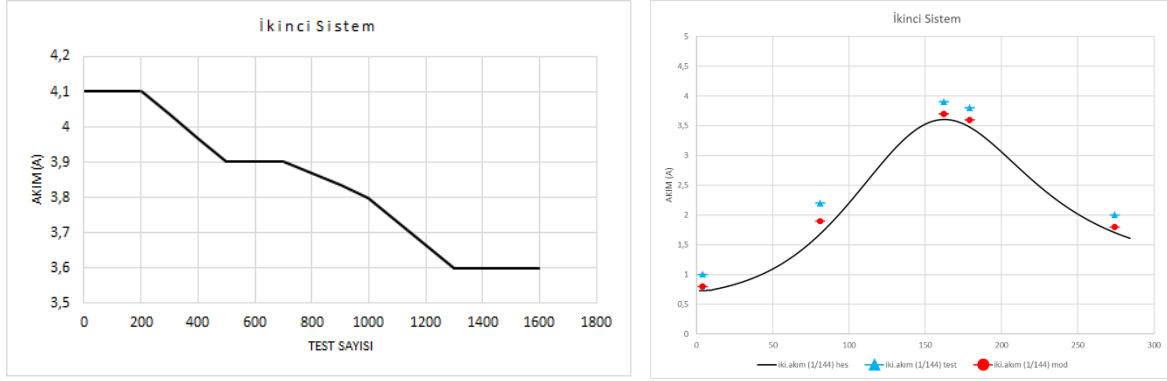


Şekil 4: Birinci Sistem Akım Değişim Grafikleri

EMH'de kullanılmakta olan İkinci Sistem'e kullanımı sırasında maruz kalacağı maksimum dinamik yükleme ile 1600 kez çalıştırılmıştır. Ömür testi sırasında alınan akım değerleri Şekil 5 de gösterilmiştir.

Birinci sisteme benzer şekilde İkinci Sistemin ömür testi süresi boyunca akım değerlerinde %12'lik bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Bunun temel sebebi kuvvet iletiminde kullanılan trapez vidaların birbiriyle alışması olarak değerlendirilmiştir.

İkinci sistemde hesaplanan değerlerin üzerinde bir akım ile karşılaşmıştır. İmalat kaynaklı nedenlerden ötürü akım değerlerinin yüksek olduğu değerlendirilmektedir. İmalatçının dış arası taşıma kabiliyeti olmaması nedeniyle iyileştirme yapılamamıştır.



Ömür testlerinin 800., 1600. ve 3200. çevrimlerinde EMH montajı sökülerek kontrol edilmiştir. Kontroller sırasında mevcut yağ muhafaza edilmiştir. Sadece söküm sırasında eksilen yağ miktarı kadar yağ eklenmiştir. Test sonucunda yapılan değerlendirmeler aşağıda yer almaktadır:

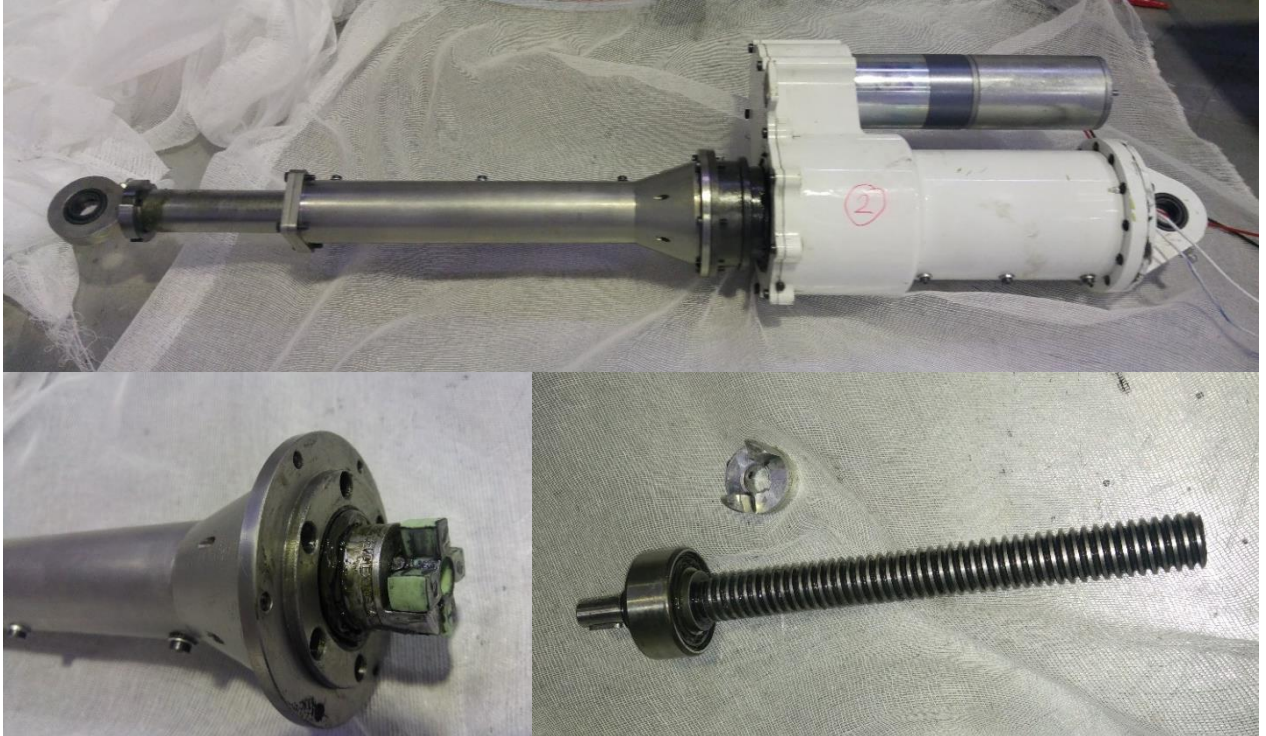
- Sistem parçalarında yapısal bütünlük korunmuştur.
- Sistem parçaları hasarsızdır.
- Yük taşıyan trapez vidalar hasarsızdır.
- Yatak vazifesi yapan rulmanlar hasarsızdır.
- Dişliler hasarsızdır.



Şekil 6: 800. Test Adımı Detay Parça Kontrolü



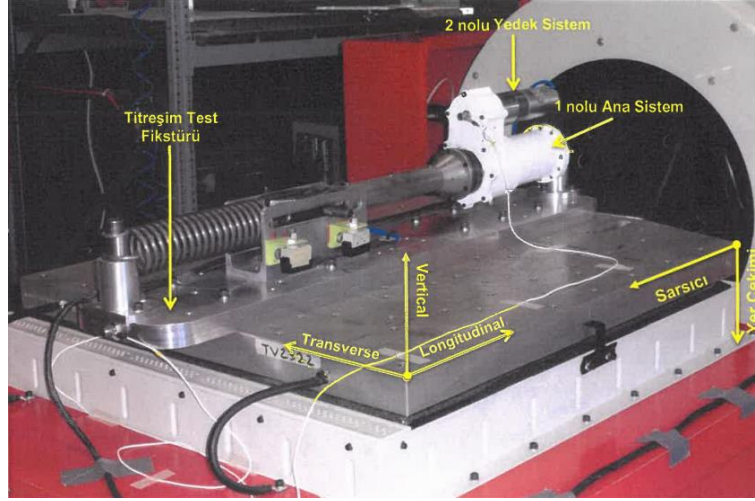
Şekil 7: 1600. Test Adımı Detay Parça Kontrolü



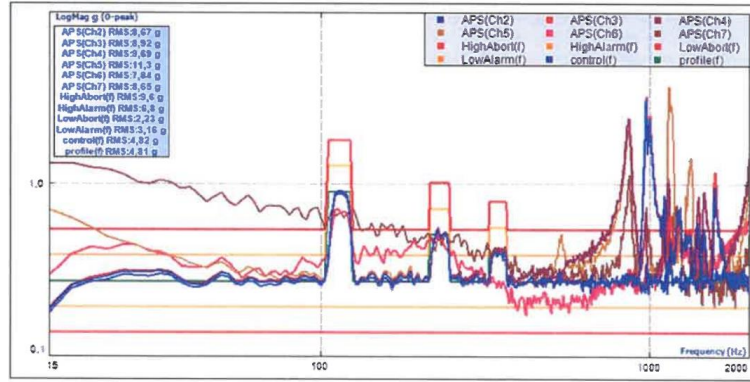
Şekil 8: 3200. Test Adımı Detay Parça Kontrolü

## Titreşim ve Şok Testleri

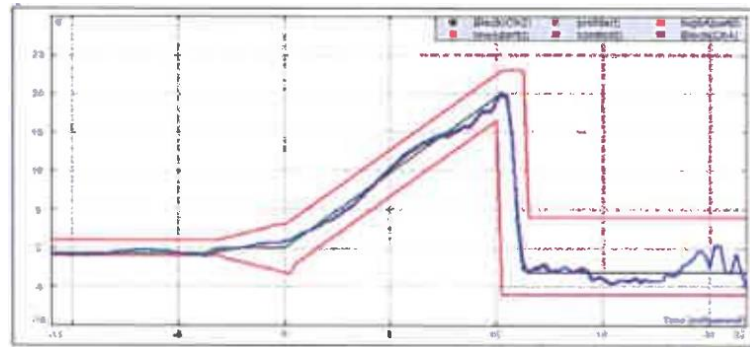
Montajı tamamlanan prototip ekipman Şekil 9 'da tanımlanan test düzeneği yardımıyla Titreşim ve Şok Testlerine tabii tutulmuşlardır. Testler MIL-STD-810G standardında tanımlı olan titreşim ve şok değerleri kullanılmıştır.



Şekil 9: Titreşim Test Düzeneği



Şekil 10: Örnek Titreşim Profili



Şekil 11: Örnek Şok Profili

Test sonucunda yapılan değerlendirmeler aşağıda yer almaktadır:

- Sistem parçalarında yapısal bütünlük korunmuştur.
- Çalışma sırasında sistemin çektiği akımlar limit değerlerin altında olduğu gözlemlenmiştir.

### Sıcaklık Testleri

Montajı tamamlanan prototip ekipman Yüksek/Düşük Sıcaklık Testlerine tabii tutulmuşlardır. Testler TUSAŞ firmasında bulunan iklimlendirme kabini kullanılarak tamamlanmıştır. Testler EMH mekanizmasının hava aracının maruz kalabileceği sıcaklık koşulları sonrasında performans ve fonksiyonlarından ödün vermeden çalışabildiğinin doğrulanması amacıyla yapılmıştır. Testlerde depolama ve fonksiyonel çalışma durumları denenmiştir.



Şekil 12: TUSAŞ İklimlendirme Test Düzeneği

Testler MIL-STD-810G standardında tanımlı olan test adımları kullanılmıştır. Test sıralaması aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

- Yüksek sıcaklık depolama
- Yüksek sıcaklık operasyon
- Düşük sıcaklık depolama
- Düşük sıcaklık operasyon



Şekil 13: Yüksek ve Düşük Sıcaklık Testi

Test sonucunda yapılan değerlendirmeler aşağıda yer almaktadır:

- Sistem parçalarında yapısal bütünlük korunmuştur.
- Çalışma sırasında sistemin çektiği akımlar limit değerlerin altında olduğu gözlemlenmiştir.

## ELEKTROMEKANİK HAREKETLENDİRİCİ İYİLEŞTİRME FAALİYETLERİ

Performans testlerinde elde edilen sonuçları iyileştirmek amacıyla prototip imalatı yapılan EMH'nın güç iletimi yapılan kısımlarında mekanik iyileştirmeler yapılmıştır. Bu kısımda yapılan iyileştirmeler tanımlanacaktır.

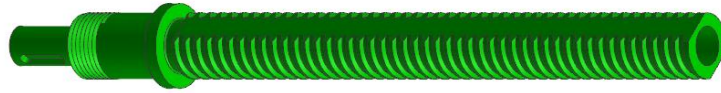
### Birinci Sistem İyileştirmeleri

Birinci sistemde hareket oluşturmada kullanılan trapez vida sisteminin basma yüzey alanı azaltılarak sürtünme kuvvetleri azaltılmıştır. Sürtünme kuvvetinin azaltılması ile birlikte sistemin otoblokaj yani kendinden çözülme özelliği de tekrar kontrol edilerek testlerle doğrulanmıştır.

%33 lik bir alan azalmasına karşılık %12 lik bir akım azalması elde edilmiştir.



Şekil 14: Orijinal Detay Parça



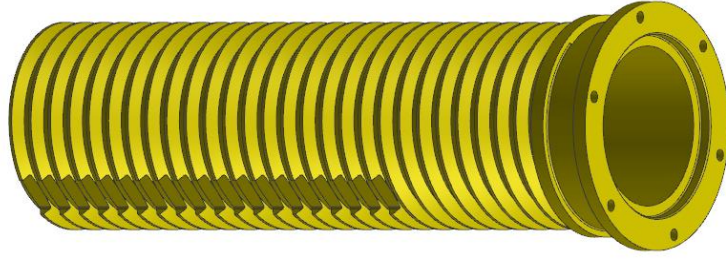
Şekil 15: İyileştirilmiş Detay Parça

### İkinci Sistem İyileştirmeleri

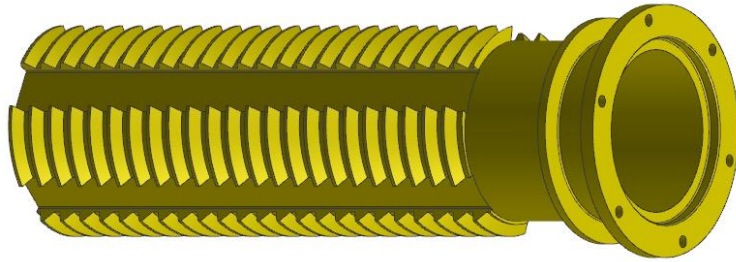
İkinci sistemde hareket oluşturmada kullanılan trapez vida sisteminin basma yüzey alanı azaltılarak sürtünme kuvvetleri azaltılmıştır. Birinci sistemde olduğu gibi sürtünme kuvvetinin azaltılması ile birlikte sistemin otoblokaj özelliği de tekrar kontrol edilerek testlerle doğrulanmıştır.

Ayrıca sistemde kullanılan kama boyutu küçültülmüştür. Bu sayede dönme hareketi doğrusal harekete çevrilirken ortaya çıkan kayıplar en aza indirilmiştir.

%22 lik bir alan azalmasına karşılık %5 lik bir akım azalması elde edilmiştir.



Şekil 16: Orijinal Detay Parça



Şekil 17: İyileştirilmiş Detay Parça

### SONUÇ

Hava araçlarında kullanılmak üzere Yedekli Elektromekanik Hareketlendirici doğrulama faaliyetleri tamamlanmıştır.

Prototip ürünlerin montajından sonra doğrulama ve performans testleri gerçekleştirilmiştir. Testler sırasında ortaya çıkan iyileştirme fırsatları değerlendirilmiştir. Yapılan iyileştirmeler sonucunda hem ekipmanın performansı artırılmış hem de ağırlığında %30 azalma elde edilmiştir.

Yerli olarak tasarlanan, imal edilen ve doğrulanan Yedekli Elektromekanik Hareketlendirici ekipmanı hava araçlarında kullanılmaya başlanmıştır.

### Kaynaklar

Akman, Y., 2018., *Yedekli Elektromekanik Hareketlendirici Geliştirme Faaliyetleri*, UHUK-2018-085 VII. ULUSAL HAVACILIK VE UZAY KONFERANSI, Samsun, Türkiye  
*Electric Heavy-Duty Ball Screw Linear Actuators*, EDRIVE