

HAFİF MÜHİMMATLAR İÇİN MİKRO SALAN GELİŞTİRİLMESİ VE TEST EDİLMESİ

Özgür DOKUYUCU¹
Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., Ankara

ÖZET

Bu bildiri kapsamında yerli olarak geliştirilen Mikro Salan ve geliştirme doğrulama faaliyetleri kapsamında yapılan testler anlatılmaktadır. Hava araçlarında kullanılmakta olan farklı salan mekanizmaları bulunmaktadır. Serbest bırakılması istenen faydalı yüklere uygun mekanizmalar tasarlanmaktadır. Yerli olarak geliştirilen Mikro Salan, düşük ağırlıklı faydalı yükleri hava aracına kilitlemek, elle veya elektromanyetik olarak serbest bırakarak yer çekimi etkisiyle hava aracından uzaklaştırmak üzere tasarlanmıştır. Uçuş kilidi adı ile anılan ikincil bir kilit sayesinde, uçuş kilidi açılmadan birincil kilidin açılması ve faydalı yükün serbest bırakılması hem mekanik hem de elektriksel olarak engellenmektedir. Oldukça küçük bir hacim ve ağırlığa sahip olan mikro salan ayarlanabilir kelepçeler (salınım desteği, sway brace) ile farklı çaplarda faydalı yükleri sabitleyerek taşıyabilmektedir. 4 adet kelepçe ayağı yayı, yerçekimi etkisi ile serbest bırakmaya yardımcı olmaktadır. Geliştirilen Mikro Salan hava aracının karşılaşılabileceği sıcaklık, buzlanma, titreşim, şok, yağmur, irtifa ve nem koşullarında testlere tabi tutulmuştur. Doğrulamalar, ömür testi ile başarılı olarak tamamlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Salan, faydalı yük, kilitleme, serbest bırakma, elektromanyetik, ayarlanabilir kelepçe.

1. GİRİŞ

Düşük ağırlıktaki faydalı yüklerin hava aracı ile taşınabilmesi ve serbest bırakılabilmesi için yerli kaynaklarla üretilecek Mikro Salan geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur.

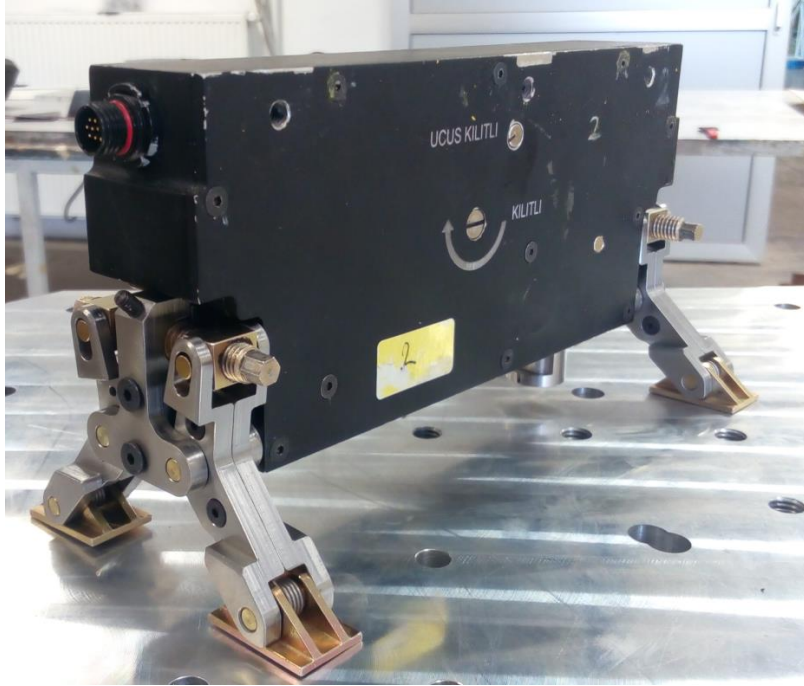
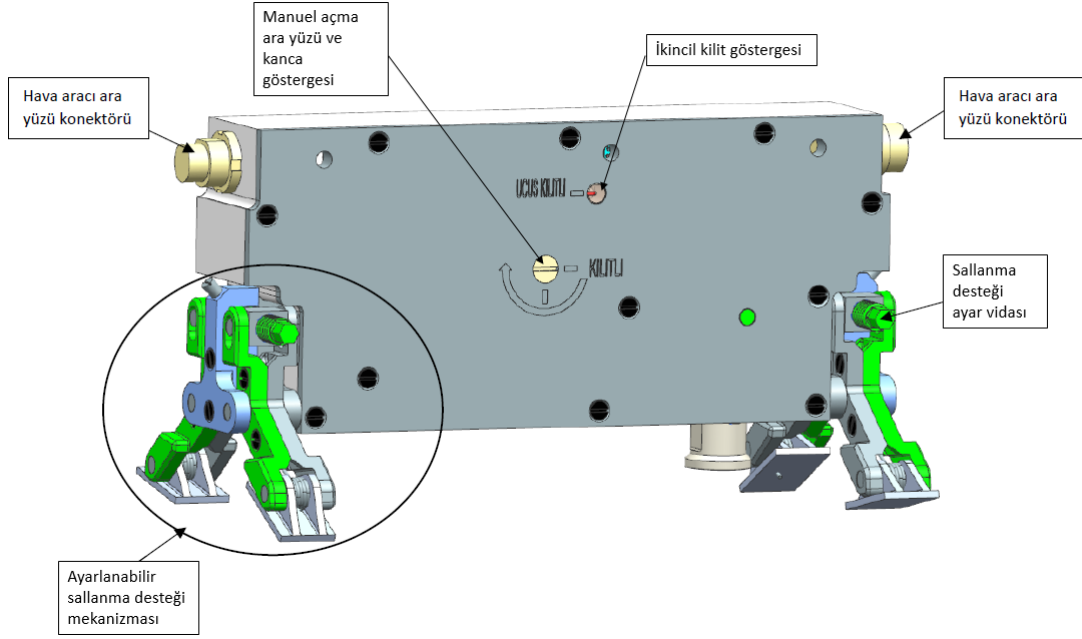
Mikro salan boyutları ve ağırlığı, yurt dışı üretim salanlara göre daha hafif ve küçük hacimli olacak şekilde hedeflenmiştir. Salan mekanizması fonksiyonları rakip ürünlerde bulunan tüm güvenlik fonksiyonları içerecek şekilde tasarlanmıştır. Mekanizmanın sığıdığı hacmi asgari düzeyde tutmak üzere elektromanyetik hareketlendiriciler (solenoid) seçilmiştir. Seçilen elektromanyetik hareketlendiriciler tamamen yerli olmakla birlikte, hazır ürün olarak üreticiden temin edilmiştir. Yerli hareketlendiriciler yurt dışı rakiplerine göre daha ağır ve iri olmakla birlikte, salana özel olarak geliştirilmesi halinde, hem hafifletilebilir hem de küçültülebilir durumdadır.

2. MİKRO SALAN MEKANİZMASI TANIMI VE FONKSİYONLARI

Şekil 1 de salan mekanizması genel görünüşü ve elemanları verilmektedir.

Mikro Salan tasarımını doğrudan etkileyecek olan fonksiyonlar belirlenirken; güvenlik, kullanıcı kolaylığı, farklı hava araçlarında da kullanılabilir olma, bakım ihtiyacını asgari seviyede tutma, benzer yurt dışı ürünler ile rekabet edebilir olma, yurt dışı satış iznine tabi ekipman kullanılmaması gibi özellikler hedeflenmiştir.

¹ Kıdemli Tasarım Uzman Mühendisi, E-posta: odokuyucu@tai.com.tr



Şekil 1. Mikro Salan Genel Görünüşü

2.1. Mikro Salan Fonksiyonları

Tasarım aşağıdaki fonksiyonlara sahiptir.

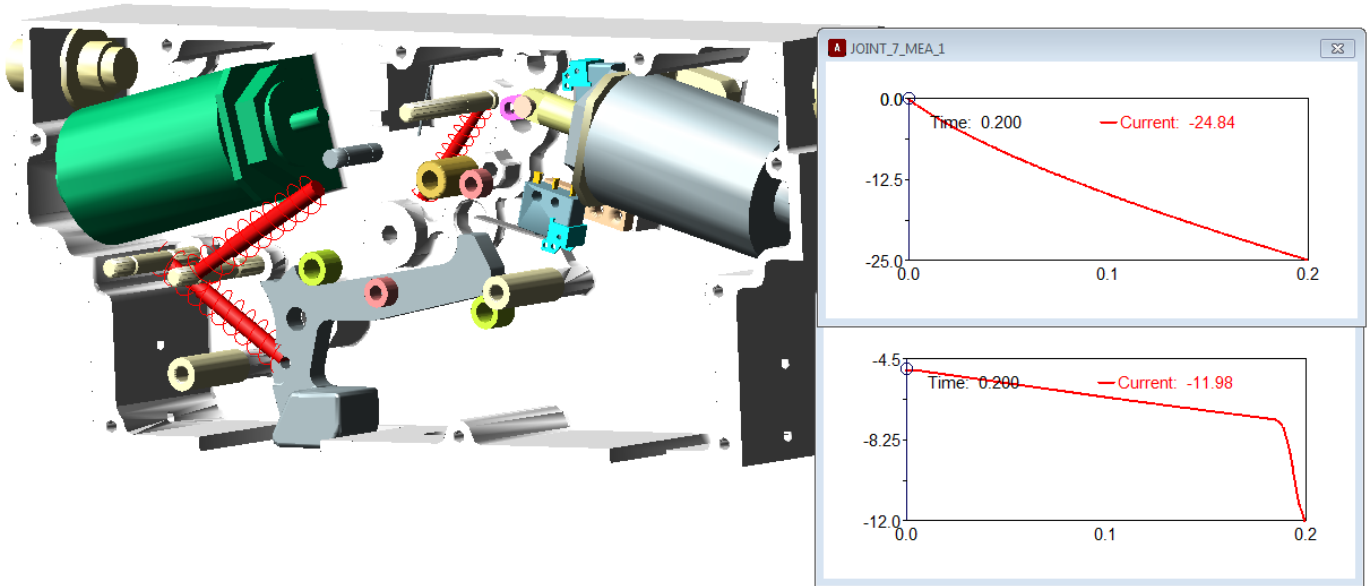
- Faydalı yükün salan kancasına asılması ile otomatik olarak kilitlenebilme: Faydalı yükün kancaya bastırılması ile kancanın kilitlendiği hem işitsel hem de görsel olarak fark edilmektedir.
- Faydalı yükü elle ya da elektromanyetik olarak serbest bırakabilme: Yerde faydalı yük yükleme veya boşaltması basit bir düz tornavida ile manuel olarak Mikro Salanın her iki yüzünden yapılabilmektedir. Uçuş esnasında ise; önce ikincil (uçuş kilidi) sonra birincil kilit elektromanyetik hareketlendiricilerinin tetiklenmesi ile faydalı yük serbest bırakılabilmektedir.
- Birincil kilide ek olarak, uçuş kilidi ("in flight operable lock") olarak tanımlanan ikincil bir kilit bulunmaktadır. İkincil kilit açılmadan birincil kilidin açılması hem mekanik hem de elektriksel olarak engellenmiştir.

- d. Birincil ve ikincil kilitlerin kilitli/açık durumlarını gösteren mekanik göstergeler her iki yüzde de bulunmaktadır. Göstergelerin mekanik olması sayesinde mekanizma çalıştığı sürece göstergelerin her zaman doğru durum göstermesi sağlanmıştır.
- e. Faydalı yükün kilitli durumda hava aracına göre salınım yapamayacak şekilde sabitlenebilmesini sağlayan ayarlı kelepçeler bulunmaktadır. Faydalı yük mikro salan mekanizmasına tek askı noktasından bağlanmaktadır. Farklı çapta faydalı yüklerin kilitlendikten sonra hava aracına sabitlenmesi için ayarlı kelepçeleri faydalı yük yüzeyine baskı oluşturacak şekilde ayarlanması gerekmektedir.
- f. Hava aracı-Mikro Salan ve Mikro Salan-faydalı yük arası konektörler kullanılarak hava aracına ve faydalı yüke bağlantı hem kolaylaştırılmış hem de yanlış bağlantı ihtimali ortadan kaldırılmıştır.
- g. Mikro Salan mekanizmasında kullanılan mafsalları buzlanma riskini asgari seviyeye indirecek şekilde tasarlanmıştır.
- h. Mikro salan mekanizması yandan bakıldığında A5 ölçüsünde kağıttan daha küçük ve ağırlığının oldukça küçük olması sağlanmıştır, bu sayede küçük hava araçları için bile tercih edilebilir bir ekipman olması sağlanmıştır.

3. İCRA EDİLEN DOĞRULAMA ÇALIŞMALARI

3.1. Kinematik Simülasyon

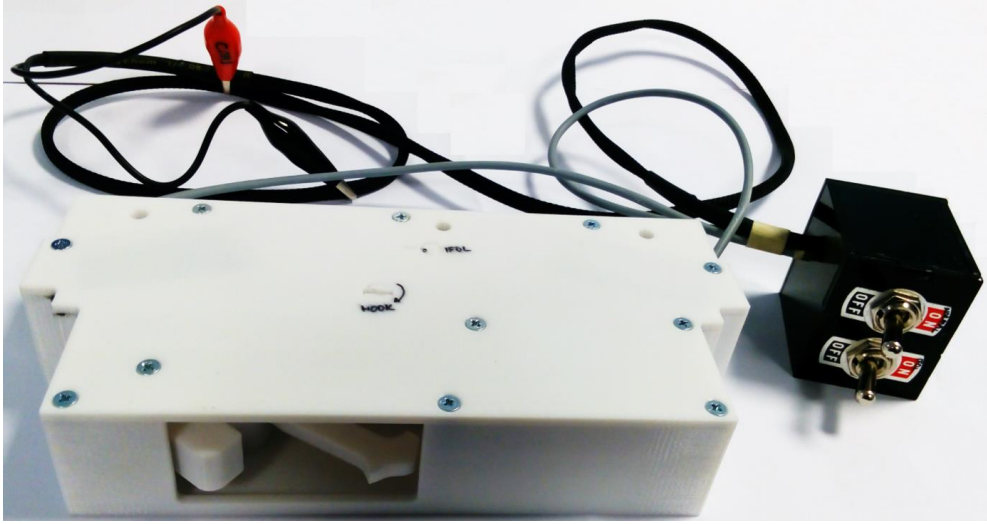
Mikro salan geliştirmesi kapsamında, bilgisayar destekli kinematik ve dinamik simülasyonlar tamamlanmıştır. Şekil 2' de MSC/ADAMS programından alınan simülasyon modeli görülebilir.



Şekil 2. Mikro Salan Simülasyon Görüntüsü (Ticari sebepler nedeniyle mekanizma parçaları gizlenmiştir)

3.2. Prototip Testleri

Hızlı prototipleme kullanılarak çalışabilir mekanizma üretilmiş, montaj yapılmış ve fonksiyonlar kinematik olarak doğrulanmıştır. Şekil 3 'de Salan mekanizmasının hızlı prototipleme ile üretilmiş hali görülmektedir.



Şekil 3. Mikro Salan Hızlı Prototip Görüntüsü

3.3. Çevresel Testler

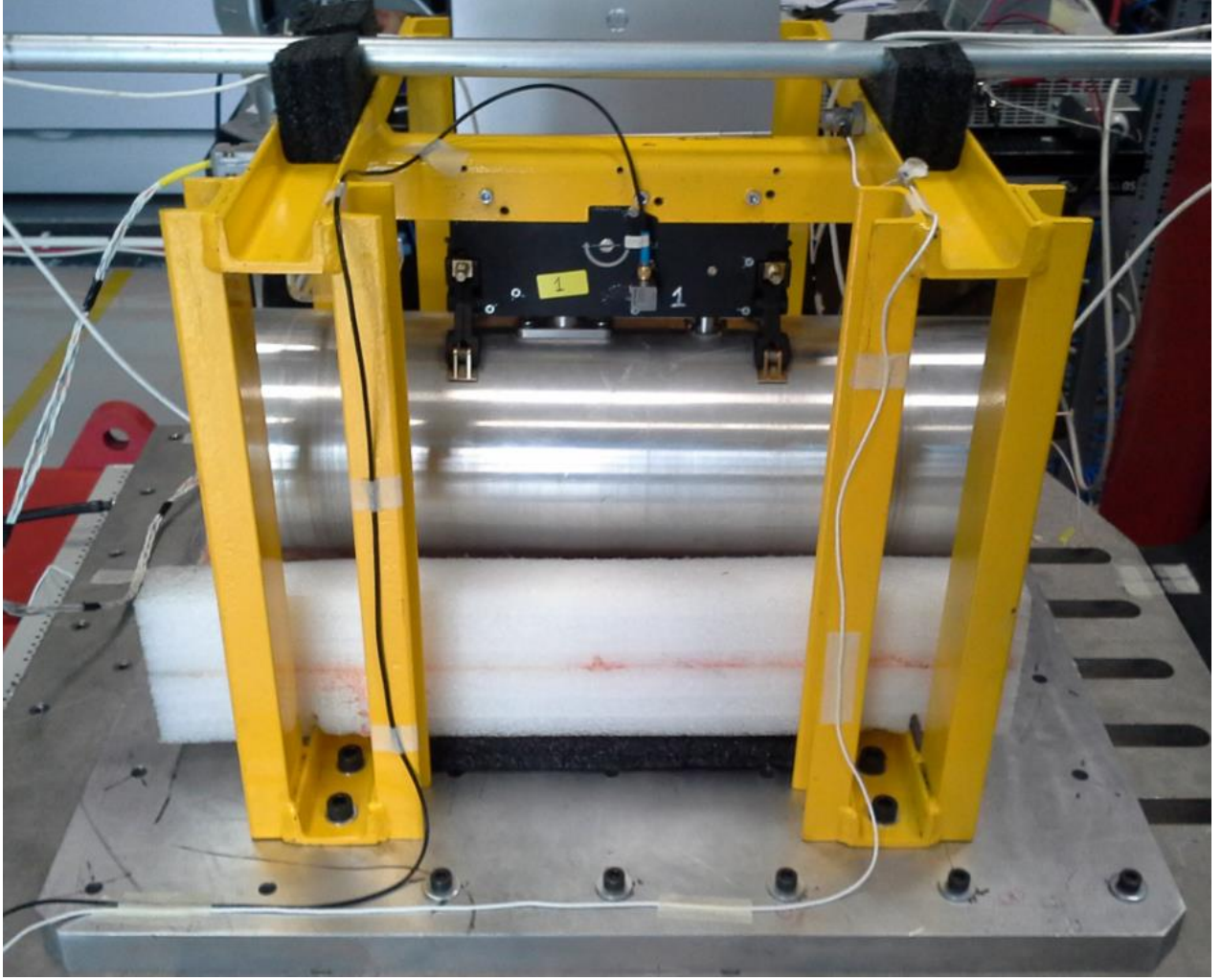
Çevresel testler nihai ürün olarak üretilmiş bir adet Mikro Salan üzerinde gerçekleştirilmiştir. Uygulanacak testler MIL-T-7743 [1] dokümanı kullanılarak seçilmiştir. Bununla birlikte Mikro Salan çevresel testler ve test koşulları hem MIL-STD-810 [2] hem de MIL-T-7743 e [1] uyumlu olacak şekilde belirlenmiştir.

Buna göre:

Sırası ile:

1. Fonksiyonel
2. Elektromanyetik hareketlendirici (solenoid) maksimum sıcaklık
3. Minimum çalışma voltajı
4. Buzlanma
5. Yağmur
6. Yüksek Sıcaklık
7. Düşük Sıcaklık
8. Nem
9. İrtifa
10. Şok
11. Titreşim
12. Ömür

Testleri uygulanmıştır.



Şekil 4. Mikro Salan Çevresel Test Düzeneği

3.3.1. Fonksiyonel Test

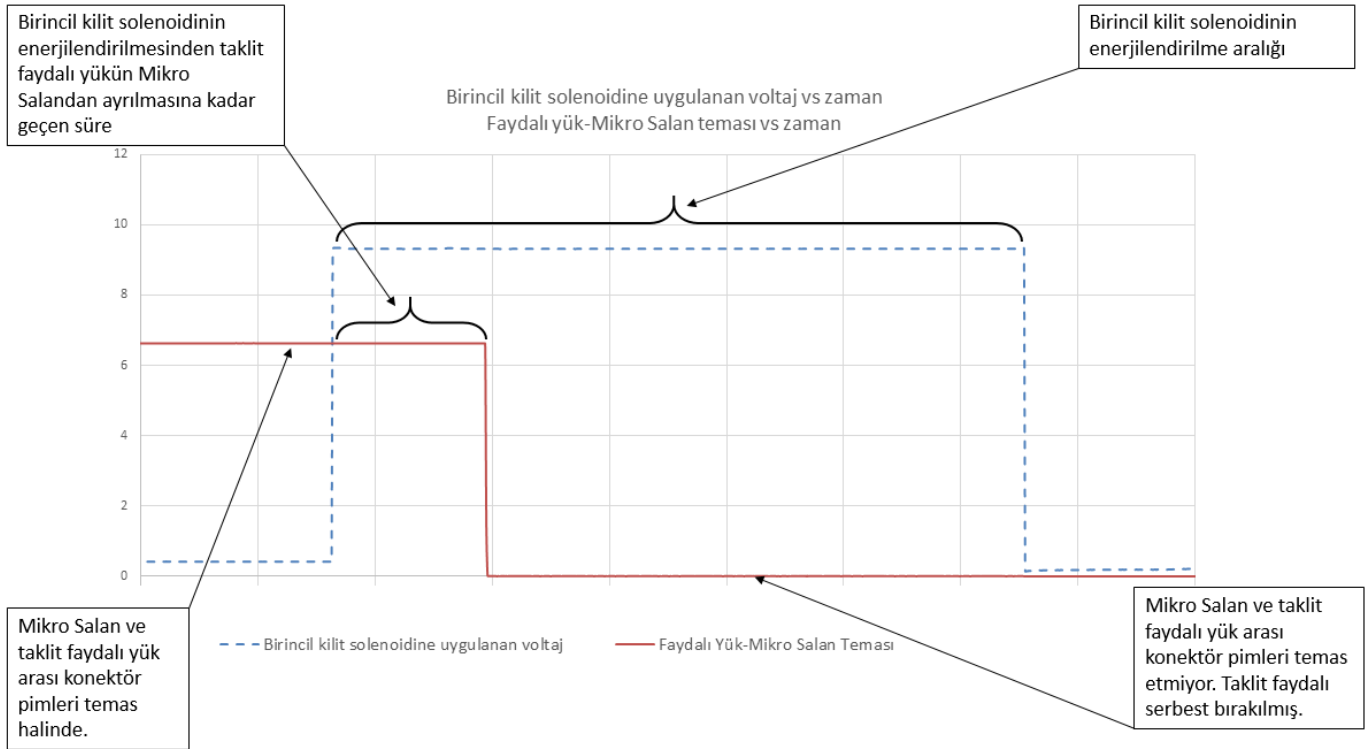
Her bir çevresel testlerin başarılı sayılması için, ilgili test sonunda yapılan fonksiyonel testin başarılı olarak tamamlaması gerekmektedir. Fonksiyonel testte genel olarak aşağıda sıralanmış kontroller yapılmaktadır.

- Mikro Salan parçalarının, mekanik ve elektriksel göstergelerinin görsel kontrolünün yapılması.
- Taklit faydalı yükün Mikro Salana kilitlenmesi.
- Mikro Salan birincil ve ikincil kilitlerinin kontrol edilmesi. (Test düzeneğine eklenen bir butonla ikincil kilide ait elektriksel engel devre dışı bırakılabilmekte böylece sadece mekanik engel kontrol edilebilmektedir.)
- Elektromekanik serbest bırakma fonksiyonunun limitlenmiş tetikleme süresinde gerçekleştirilebildiğinin kontrolü: Fonksiyonel isterler gereği birincil kilit enerjilendirme süresi milisaniye mertebesinde limitlenmiştir. Serbest bırakma fonksiyonunun kontrol edildiği testler süresince ve tüm testler sonrasında yapılan fonksiyonel kontrollerde Mikro Salanın limitlenmiş sürede enerjilendirilerek faydalı yükü serbest bırakabiliyor olması gerekmektedir.

Birincil kilit elektromanyetik hareketlendiricisine (solenoidine) uygulanan voltaj süresinin limitlenmesi için mikro kontrol devresi kullanılmıştır.

- Taklit faydalı yükün Mikro Salandan ayrılma süresinin ölçülmesi: Taklit faydalı yükün Mikro Salandan ayrılma süresi milisaniye mertebesinde ölçülmektedir, her test sonrasında bu sürenin değişmediği kontrol edilmektedir.

Ayrılma süresi ölçümü için; Mikro Salan ve taklit faydalı yük arası konektör pimlerine voltaj uygulanmış ve voltajın kesilme zamanı ayrılma zamanı olarak kabul edilmiştir.



Şekil 5. Mikro Salan birincil kilit solenoidi tetikleme süresi ve faydalı yükün Mikro Salandan ayrılma süresi grafiği (Ticari sebepler nedeniyle süreler verilmemiştir)

3.3.2. Elektromanyetik Hareketlendirici (solenoid) Maksimum Sıcaklık Testi

MIL-T-7743 standardında verilen prosedüre göre; solenoid iç yapısında kullanılan izolasyonun çalışabildiği en yüksek sıcaklık değerinin tespit edilmesi amacıyla yapılmıştır. Birincil kilit solenoidi limitlenmiş tetiklenme süresince çalıştığı için; ikinci kilit solenoidi çalışma şekline göre test yapılmıştır.

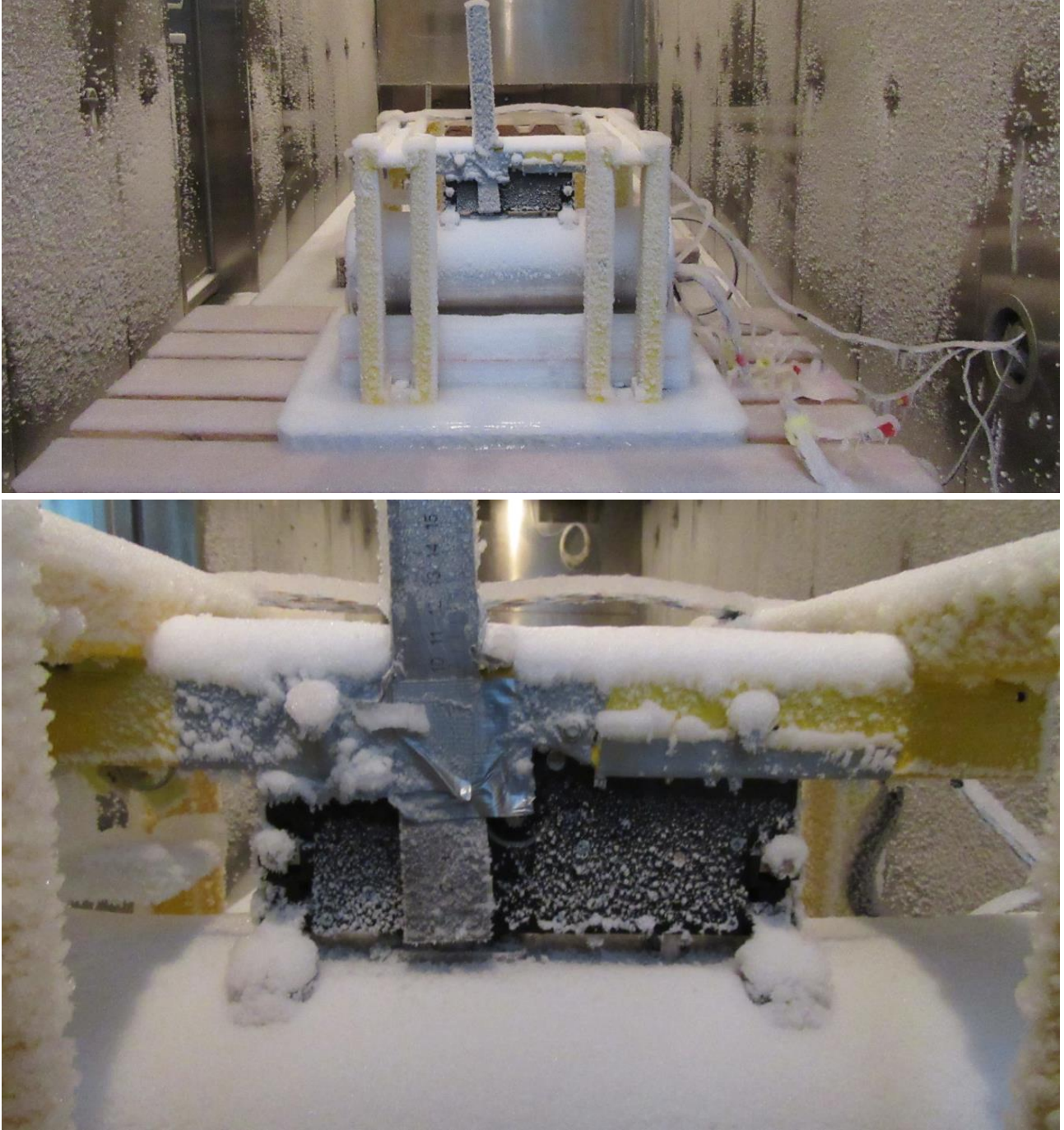
- Solenoid sargısındaki direnç değerini ölçmek için solenoide seri bağlı bir ampermetre kullanılmıştır. Uygulanan voltaj bilgisinden solenoidin direnci hesaplanmıştır.
- Solenoid dış yüzey sıcaklığının gözlemlenebilmesi için sıcaklık ölçer yerleştirilmiştir.
- Solenoid dış yüzey sıcaklığı sabit hale gelene kadar enerjilendirilmiş olarak bekletilmiştir (60 dakika). Bu süre sonundaki dış yüzey sıcaklığı ölçülmüştür.
- Maksimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) = $(234.5 + T_c) \times (R_h / R_c) - (196.7 + T_a)$ formülüne göre solenoid sargısındaki maksimum sıcaklık değeri hesaplanmış ve bu değer solenoid sargısında kullanılan telin izin verdiği değer ile karşılaştırılarak izin verilen maksimum değer altında olduğu doğrulanmıştır. (R_c =solenoid sargısı soğuk direnç değeri, R_h = solenoid sargısı sıcak direnç değeri, T_c =soğuk direncin ölçüldüğü zamanda solenoid dış yüzey sıcaklığı, T_h = sıcak direncin ölçüldüğü zamanda solenoid dış yüzey sıcaklığı)

3.3.3. Minimum Çalışma Voltajı Testi

MIL-T-7743 standardında verilen prosedüre göre; Mikro Salanın taklit faydalı yükü serbest bırakabileceği minimum voltaj değeri, güç kaynağının çıkış voltaj değeri değiştirilerek bulunmuştur. Taklit faydalı yük Mikro Salana takılarak farklı voltaj beslemelerinde denemeler yapılmıştır.

3.3.4. Buzlanma Testi

Mikro Salanın MIL-STD-810G standardında verilen prosedüre göre; minimum 6 mm buz kalınlığında faydalı yükü serbest bırakma fonksiyonunu yerine getirebildiği doğrulanmıştır. 16 saat süren testte minimum buz kalınlığı 9.75 mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6. Mikro Salan buzlanma testi

3.3.5. Yağmur Testi

Mikro Salan MIL-STD-810G standardında verilen prosedüre göre 40 dakika süren, taklit faydalı yük takılı (yükülü) ve takılı olmadan (yüksüz) tekrarlanan yağmur testlerini başarılı olarak tamamlamıştır.

3.3.6. Yüksek Sıcaklık Testi

MIL-STD-810G standardında verilen test prosedürüne göre; Mikro Salanın $+93.3 \pm 2$ °C de fonksiyonlarını yerine getirebildiği kontrol edilmektedir. $+93.3 \pm 2$ °C de 2 saat boyunca taklit faydalı yük takılı (yükülü) olarak bekletilen Mikro Salanın, yine bu sıcaklıkta serbest bırakma fonksiyonunu yerine getirebildiği doğrulanmıştır.

3.3.7. Düşük Sıcaklık testi

MIL-STD-810G standardında verilen test prosedürüne göre; Mikro Salanın -45 ± 2 °C de fonksiyonlarını yerine getirebildiği kontrol edilmektedir. -45 ± 2 °C de 2 saat boyunca taklit faydalı yük

takılı (yüklü) olarak bekletilen Mikro Salanın, yine bu sıcaklıkta serbest bırakma fonksiyonunu yerine getirebildiği doğrulanmıştır.

3.3.8. Nem Testi

Mikro Salan hava aracının maruz kalabileceği nem koşullarında ve sonrasında performans ve fonksiyonlarından ödün vermeden çalışabildiğinin doğrulanması amacıyla yapılmaktadır. MIL-STD-810G ve MIL-T-7743 standartlarının her ikisini de kapsayacak şekilde test prosedürü oluşturulmuştur. Test +65 °C de ve %95 nem, +30 °C' de en az %85 nem arası koşulların sürekli değiştiği bir düzenekte 10 gün sürecek şekilde başarılı olarak tamamlanmıştır.

3.3.9. İrtifa Testi

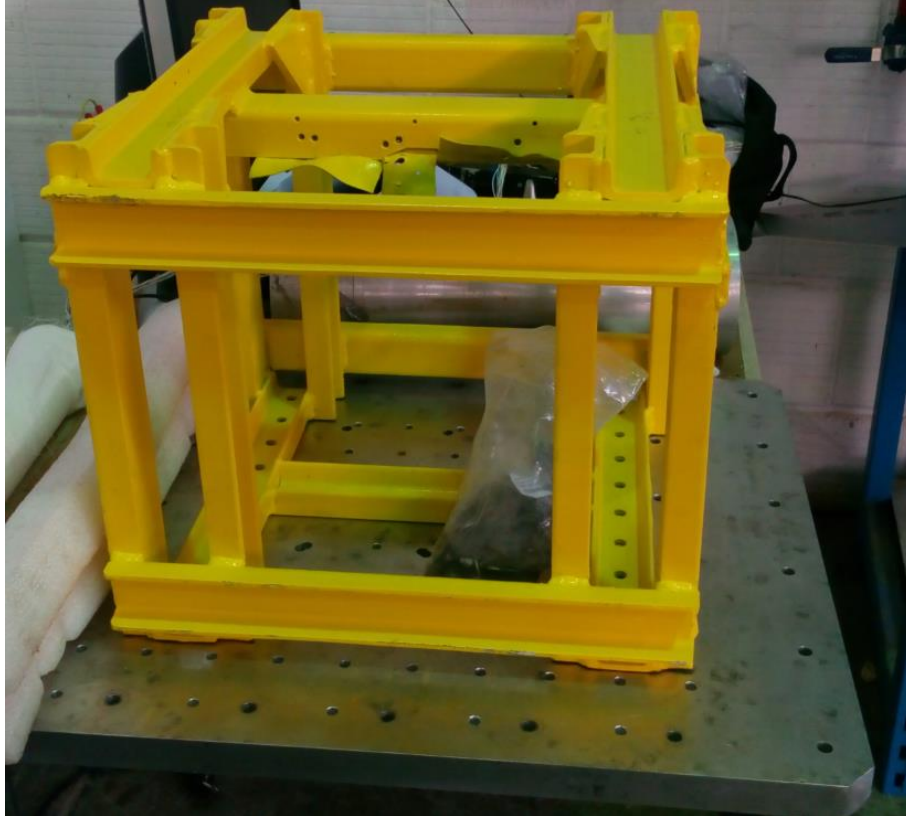
1 saat boyunca 70000 ft yükseklikte taklit faydalı yük takılı (yüklü) olarak bekletilen Mikro Salanın, yine bu irtifada taklit faydalı yükü serbest bırakabildiği kontrol edilmiştir.

3.3.10. Şok Testi

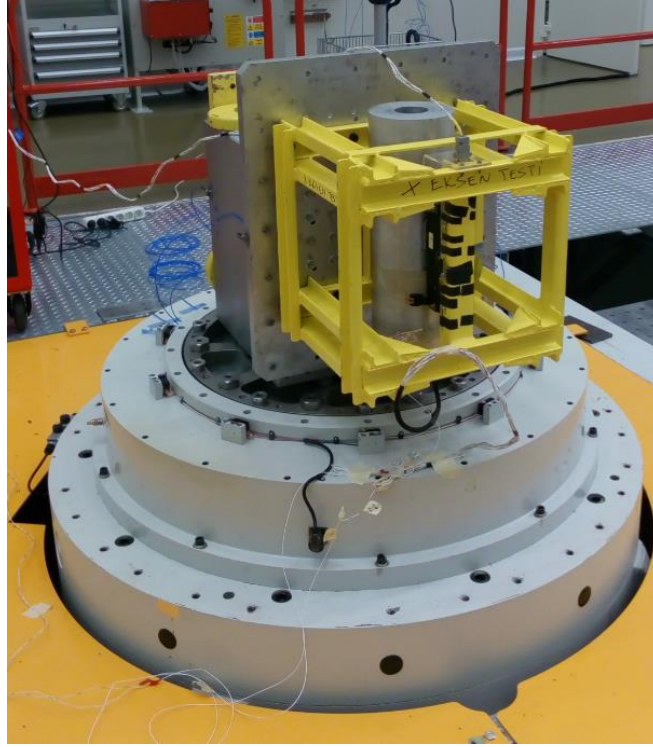
Mikro Salanın hava aracının maruz kalabileceği şok koşulları sonrasında performans ve fonksiyonlarından ödün vermeden çalışabildiğinin doğrulanması amacıyla yapılmaktadır. Test MIL-STD-810G standardında verilen prosedürlere uygun olacak şekilde tüm eksenlerde (x, y, z) ve taklit faydalı yük takılı ve takılı olmadan ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Şok testinde, Mikro Salan test düzeneğinin sisteme uygulanan ivmeleri çok fazla arttırdığı görülmüştür. Bunun üzerine test düzeneğine kaynaklı parçalar eklenerek daha mukavim (uygulanan şok ile daha az esneyen) hale getirilmeye çalışılmıştır, yapılan modifikasyonlar ile yeterli bir iyileştirme sağlanamamıştır, buna rağmen şok testleri çok yüksek ivmeler altında başarılı olarak tamamlanabilmiştir.

Daha sağlam bir test düzeneği üretilmesi mümkündür fakat yurt içinde bulunan şok ve titreşim test cihazlarının ağırlık limitleri vardır. Tüm bu sebeplerden ötürü titreşim testlerinde farklı bir düzene kullanılması kararı alınmıştır.



Şekil 7. Şok testleri sırasında kaynaklı parçalar eklenerek daha mukavim hale getirilmeye çalışılmış modifiye test düzeneği



Şekil 8. X eksenli yüklü şok testi

3.3.11. Titreşim Testi

Mikro Salanın hava aracının maruz kalabileceği titreşim koşullarında ve sonrasında performans ve fonksiyonlarından ödün vermeden çalışabildiğinin doğrulanması amacıyla yapılmıştır. Test MIL-STD-810G standardında verilen prosedürlere uygun olacak şekilde tüm eksenlerde (x, y, z) ve taklit faydalı yük takılı ve takılı olmadan ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Bölüm 3.3.10 da anlatıldığı üzere, sadece titreşim testleri için; Mikro Salanı titreşim tablasına minimum uzaklıkta tutarak test düzeneği kaynaklı esnemeleri/oyunmaları mümkün olduğunca ortadan kaldırmak için Mikro Salanın ve taklit faydalı yükün hava aracındaki durumdan ters durduğu bir düzene kullanılmıştır.



Şekil 8. Y eksenli yüklü titreşim testi

3.3.12. Ömür Testi

MIL-T-7743 standardında verilen gereksinim ve prosedürlere göre Mikro Salan 500 kez elektromekanik, 500 kez de manuel olarak serbest bırakma fonksiyonu yerine getirebildiği doğrulanmıştır.

4. SONUÇ

Tamamen yerli kaynaklarla geliştirilen Mikro Salan bilgisayar simülasyonları kullanılarak ve hızlı prototipleme yöntemi ile üretilerek fonksiyonel olarak kontrol edilmiştir. Ardından üretim resimlerine uygun olarak üretilen Mikro Salan kullanılarak çevresel testler tamamlanmış ve tasarım kriterlerini yerine getirdiği doğrulanmıştır. Mikro Salanın hava araçlarında kullanılabileceği gösterilmiştir.

Şok testlerinde; Mikro Salan üzerinde, test cihazı tablasından verilen ivmelerin 6 katına varan ivmeler ölçülmüştür. Test düzeneği kaynaklı parçalar eklenerek daha mukavim hale getirilmeye çalışılsa da, modifikasyonlar çok etkili olmamıştır. Şok testleri çok yüksek ivmeler altında tamamlanmıştır.

Titreşim testleri için Mikro Salanın test cihazı tablasına en yakın konumlandırması hedeflenerek, yeni bir test düzeneği üretilmiştir. Mikro Salan üzerindeki ivme artışları titreşim cihazından uygulananların 2 katından daha az arttığı görülmüş ve testler tamamlanmıştır.

Kaynaklar

- [1] MIL-T-7743, "Testing, Store Suspension and Release Equipment, General Specification For"
- [2] MIL-STD-810G, "Environmental Engineering Consideration and Laboratory Tests"