

UÇAK ÜZERİNDE LÖVYE VE PEDAL KUVVET ÖLÇÜM SİSTEMLERİ GELİŞTİRİLMESİ

Ayhan SEZGİN^(a) Gürol İPEK^(b) Aydın KUNTAY^(b)

^(a) Savronik A.Ş., OSB 10.cad, Eskişehir, asezgin@savronik.com.tr

^(b) Bias Mühendislik, Güvenlik Cad. 7/12 Kavaklıdere, Ankara, gipek@bias.com.tr

ÖZET

Bu bildiri Uçuş Test Merkezi projesi kapsamında pilotun uçuş esnasında pedala ve lövyeye uyguladığı kuvvetlerin ölçümü için geliştirilen sistemler sunulmaktadır. İleri-geri ve sağ-sol hareket kuvvetlerinin uçak üzerinde ölçülmesi için lövyeye içinde strain gage uygulaması ile bir sensör geliştirilmiştir. Aynı şekilde pedal kuvveti ölçümünde de pilotun ayağını rahatsız etmeyecek, pedal üzerinde herhangi bir noktaya basması durumunda dahi doğru sonucun alınacağı bir sistem kurulmuştur. Uçak üzerinde yapılan her türlü değişiklik, çok yönlü düşünülmesi ve hayati tehlike yaratmayacak olması bakımından yer uygulamalarına göre zorluk arz etmektedir. Geliştirilen sistemler başarıyla uygulanmış ve modern uçuş test ekipmanları kullanılarak gerçek zamanlı ölçümleri alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Lövyeye, pedal, kuvvet, uçak

ABSTRACT

This paper covers the systems developed for measuring control stick and pedal forces on board of an aircraft within the Flight Test Instrumentation project. A Strain gage based system is developed inside the stick to measure the forward-backward and right-left forces. Similarly, in order to measure the pedal force without disturbing the pilot's comfort, which will give correct value wherever the pilot presses on the pedal. Every change made on an aircraft needs to be investigated very carefully not to risk the pilot's life. The developed measuring systems are applied on the aircraft and tested on air successfully.

Keywords: stick, pedal, force, aircraft

1. GİRİŞ

STFA Savronik tarafından gerçekleştirilen "Test Uçuşu Ölçümlendirme Kabiliyetinin Kazanılması ve Uçuş Test Merkezinin Kurulması" (TUÖ) projesi uçak üzerindeki muhtelif parametrelere (akım, gerilim, G, kuvvet, titreşim, sıcaklık, hız vb.) ait verinin toplanması, işlenmesi, yer istasyonuna gerçek zamanlı olarak gönderilmesi ve kayıt edilmesini kapsamaktadır. Lövyeye ve pedal kuvvetlerinin ölçüm birimlerinin kurulması işi

de Savronik A.Ş. tarafından firmamıza verilmiştir. Bu bildiri de söz konusu birimlerin tasarımı anlatılmaktadır.

2. LÖVYE KUVVETİ ÖLÇÜM SİSTEMİ

Pilotun lövyeye ileri-geri ve sağ-sol hareketlerini yaparken uyguladığı kuvvetlerin ölçülmesi ve uçak üzerinde bulunan merkezi veri toplama sistemine (DAS) aktarılması amaçlanmıştır. Lövyenin bağlı olduğu alt yapı son derece dar ve karmaşıktır. Deneme uçaklarında araştırma amacıyla lövyeye üzerine takılan kuvvet ölçüm aparatları özel imalat suretiyle yurtdışında yapılmaktadır. Ancak bu yöntemde pilot lövyeyi doğal bir şekilde tutamamaktadır. Aynı zamanda adaptörün yerleştirilebilmesi için lövyede mekanik işlem gerekmekte ve toplam maliyet oldukça yüksektir.

2.1. Ölçüm Ünitesinin Tasarımı

Ölçümlerin yapılacağı uçağın lövyesi içinde "Motional Pickup Transducer" (MPT) adlı bir parça bulunmaktadır. Bu parça otopilot konumundan manuel konuma geçmek için limit switch'leri ve bu limit switch'lere değerek aktive eden ankastra giriş yapıları içermektedir. Lövyeye kuvvet uygulandığında ankastra elemanlar belli miktarda eğilmektedirler. Yapılan incelemelerde ankastra girişler üzerine yapıştırılacak strain gage'ler ile pilotun lövyeye uyguladığı her yöndeki kuvvetleri ölçmenin mümkün olacağı tespit edilmiştir.

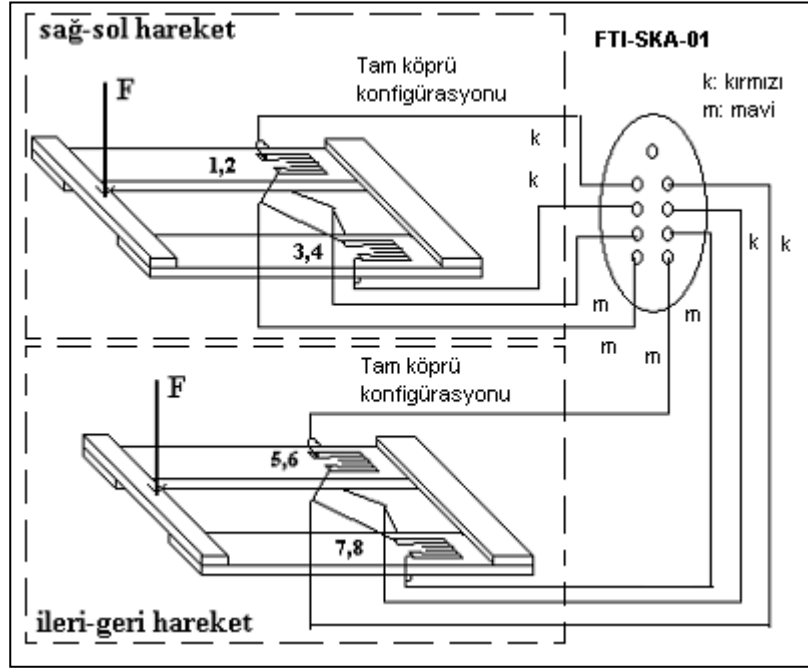
Strain gage ile yapılacak ölçümlerde dikkat edilmesi gereken konulardan en önemlileri sıcaklığa karşı duyarlılık, sinyal/gürültü büyüklüğü ve malzeme üzerindeki gerilme halidir. Tam-köprü veya yarım-köprü devresi kurulursa sıcaklık etkisi tamamen ortadan kalkar. Yarım veya tam köprü devresinde sırasıyla 2 ve 4 gage kullanılır. Bu uygulamanın ön koşulu strain gage'lerin tam olarak aynı büyüklükte ancak ters işaretli genleme değerini algılamasıdır. Bu tür gerilme hali ankastra girişlerde de meydana gelir. Tam-köprü devresi aynı zamanda sinyali 4 katına çıkararak en iyi sinyal/gürültü oranını sağlar. Bu yüzden MTP ünitesinin içindeki ankastra giriş yapısı strain gage ölçümleri için son derece uygundur. İleri-geri için 4 ve sağ-sol için de 4 olmak üzere toplam 8 adet tek eksenli strain gage kullanılmıştır. Böylece ileri-geri ve sağ-sol kuvvetleri için ayrı ayrı tam köprü kurulmuştur.

2.2. Lövyeye Kuvvet Ölçüm Birimi İmalatı

Bu uygulamada gage'lerin seçiminde en önemli etken yerleştirileceği yeri. Ankastra yapıda kullanılan elemanların darlığı nedeniyle Measurements Group firmasının CEA-06-062UW-350 tipi gage'leri seçilmiştir. Bu gage'ler çok hassas olup üzerleri dış etkenlere karşı kaplanmıştır. Bu gage'lerin lehim noktaları bakır kaplı olduğundan lehimleme işlemi daha rahat yapılabilmektedir.

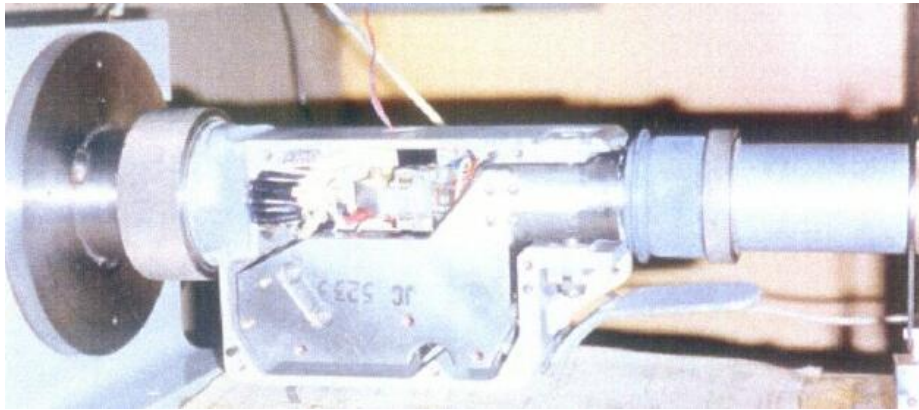
Strain gage'ler MTP ünitesindeki ankastra yapıya şematik olarak Şekil 1'deki gibi yapıştırılmıştır. Strain gage'lerin yapıştırma işlemi çok hassas yüzey hazırlama işleminden sonra gerçekleştirilmiştir. Bu prosedür özel zımpara ile pürüzlendirme, hizalama çizgisinin çekilmesi, özel solüsyon ile yüzeyin kimyasal olarak istenen pH seviyesine getirilmesi olarak özetlenebilir. Yapıştırıcı olarak uçuş sıcaklık aralığına elverişli olan elle yapıştırılan M-Bond 200 model yapıştırıcı kullanılmıştır. Bütün strain gage'lerin (8 adet) yapıştırılması yaklaşık 2 saat sürmüştür.

Strain gage'ler yapıştırıldıktan sonra Wheatstone Bridge köprüsü oluşturmak için kabloların lehimlemesi yapılmıştır. Önce strain gage ile ayrıca yapıştırılan lehim terminallerine ince kablo çekilmiş, lehim terminallerine ise daha kalın kablolar bağlanmıştır. Böylece kablonun montaj sırasında zorlanması durumunda strain gage lehim noktalarının zarar görmemesi sağlanmıştır. Bu lehimleme işleminden sonra strain gage'in üzeri Measurements Group M-Coat A tipi kimyasal ile kaplanmıştır. Bu kimyasal strain gage'i nemden ve paslanmadan koruyacaktır.



Şekil 1. MPT İçindeki Strain Gage Uygulaması.

MPT içindeki strain gage ölçüm birimi ve bağlı olduğu elektronik yerde el ile tutulabilen bir aygıt ile kalibre edilmiştir. Kuvvet düzeyi sıfırdan başlayarak beklenen kuvvet düzeyine kadar aşamalı olarak artırılmış ve yükselticiden alınan cevap kaydedilmiştir. Böylece sistemin bütününün kalibrasyon eğrisi çıkarılmıştır.



Şekil 2. MPT ünitesi içine yerleştirilen lövyeye kuvvet ölçüm sistemi.

3. PEDAL KUVVETİ ÖLÇÜM SİSTEMİ

Bu aygıtın amacı pilotun frenleme esnasında pedala uyguladığı kuvveti ölçmektir. Frenleme için pilot pedalın düz kısmına basmaktadır. Pedalın hareket ettirdiği mekanizmalar oldukça karmaşıktır ve çok dar bir alana sığdırılmıştır. Aynı şekilde pedal bölümünün ön tarafı da oldukça küçük olup yerleştirilecek cihazın pilotun hareketlerini kısıtlamaması istenmektedir. Bu kısıtlamalar nedeniyle en etkin ölçümün doğrudan pedal üzerinden, kuvvetölçerler ile alınabileceğine karar verilmiştir.

3.1. Pedal Ölçüm Ünitesinin Tasarımı ve İmalatı

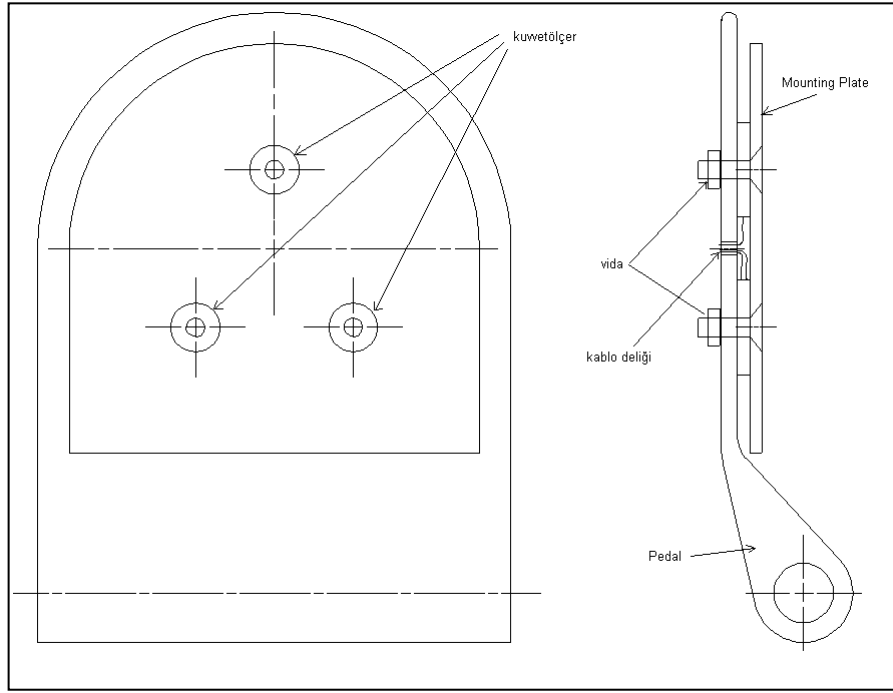
Pilota herhangi bir rahatsızlık vermemek amacıyla pedal üzerine yerleştirilecek kuvvet ölçüm ünitesinin toplam kalınlığının en fazla 1cm olması istenmektedir. Bununla birlikte pilot pedalın düz kısmına her zaman aynı şekilde basmamaktadır. Bu nedenle pedalın hangi noktasına basılırsa basılsın doğru ölçümü sağlayacak bir sistem geliştirilmek zorundadır.

Kuvvetölçer seçiminde öncelikle boyutsal kısıtlamalar göz önünde bulundurulmuştur. Bunun yanında pedala maksimum 250lb yük gelebileceği ve yükün statik veya dinamik olabileceği bildirilmiştir. Bu kriterler doğrultusunda yapılan seçimde strain gage prensibi ile çalışan, tam ölçüm aralığı 400lb olan kuvvetölçerlerden 3 adet kullanılmasına karar verilmiştir. Entran firmasının ELW modeli kuvvetölçerinin yüksekliği 3.81mm, çapı da 25.4mm'dir.

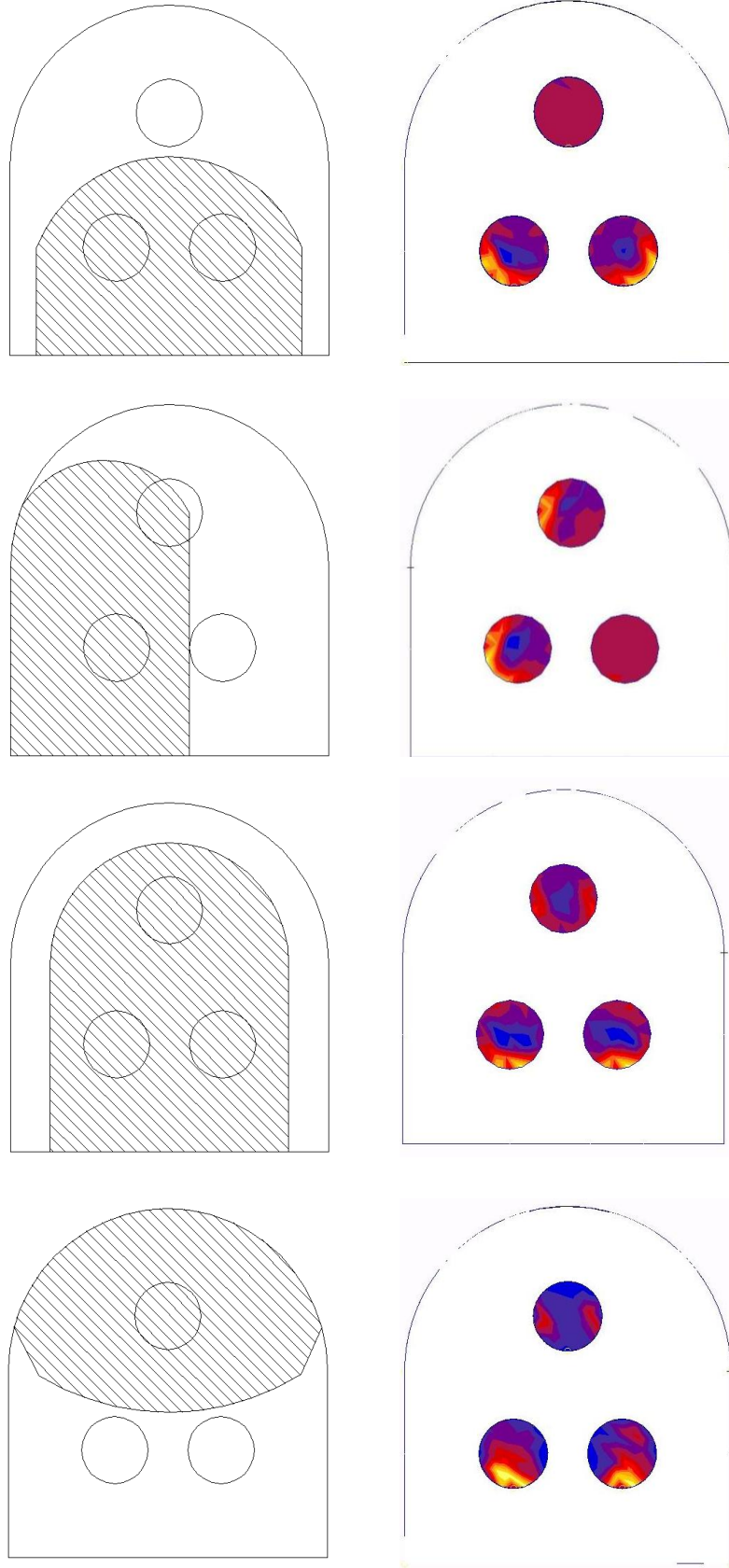
Pilotun pedalda basacağı düz bir yüzey yaratmak amacıyla kuvvetölçerlerin pedal ile düz bir fiber plaka arasına yerleştirilmiştir. Fiber plaka kalınlığı ile birlikte toplamda 7.81mm'lik bir kalınlık meydana gelmektedir. Ölçüm biriminin şematik gösterimi Şekil 3'de verilmektedir.

Üç kuvvetölçerleri pilot fiber plakanın neresine basarsa basın en doğru ölçümü yapabilecek şekilde yerleştirmek gerekmektedir. Bu amaçla bir dizi deneme sonunda karar verilen konfigürasyonun sonlu eleman yöntemi ile kuvvet dağılım hesapları yapılmıştır. Şekil 4'de bu analizler sonucunda değişik basma bölgelerine ait şematik resim ve kuvvetölçerlerin herbirinin üzerindeki kuvvet dağılımı renklerle verilmiştir. Sıcak renkler kuvvetin yoğun olduğu, soğuk renkler ise kuvvetin az olduğu anlamına gelmektedir. Bu sayede hangi kuvvetölçerinin, hangi basma şeklinde ne kadar kuvvet ölçeceği bulunmuştur. Aynı zamanda kuvvetin kuvvetölçerlere düzgün dağılıp dağılmadığı kontrol edilmiştir.

Kuvvetölçer çıkışları Entran marka IAM model yükselticisine bağlanmıştır. Her bir kuvvetölçerden maksimum 5VDC seviyesinde çıkış alınarak DAS sistemine verilmektedir. Bu kuvvet değerleri ayrı ayrı alındıktan sonra yerde toplanarak gerçek toplam pedal kuvveti bulunmaktadır. Sistemin öncelikle yerde denemeleri yapılmış ve doğruluğu kontrol edilmiştir.



Şekil 3. Pedal kuvvet ölçüm birimi.



Şekil 4. Basma bölgelerine göre kuvvetölçerlere kuvvet dağılımı.