

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAVACILIK BİLİMİ VE TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**REZİSTİF KUVVET SENSÖRÜ UYGULAMASIYLA UÇAK
TUVALETLERİ VAKUM SİSTEMLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ**

KERİM İSMAİL KARACA

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVACILIK BİLİMİ VE TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

REZİSTİF KUVVET SENSÖRÜ UYGULAMASIYLA UÇAK
TUVALETLERİ VAKUM SİSTEMLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ

KERİM İSMAİL KARACA

Doç.Dr. Mehlika ŞENGÜL KARAARSLAN
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

Dr.Öğr.Üyesi Nasır ÇORUH
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Dr.Öğr.Üyesi Çiğdem GÜNDOĞAN TÜRKER
Jüri Üyesi, İstanbul Gedik Üniversitesi


.....

.....

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 31.01.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez kapsamında, modern havacılık tarihinde jumbo jet uçak tuvaletlerinde havayolu şirketlerine yüksek maliyetli zararlara neden olan tuvalet sifon vakumu kazalarını önlemek için rezistif kuvvet sensörü temelli bir çalışma yapılmıştır. Tezimi hazırlamam konusunda, tecrübeleriyle bana yol gösteren destek olan danışman hocam Doç. Dr. Mehlika Şengül Karaaslan'a, mesleki eğitim ve geleceğimi destekleyen aileme ve eşime, testler esnasında bana her türlü desteğini veren ve tecrübelerini paylaşan arkadaşlarıma, tezimin gerçekleştirilmesi konusunda bana inanan ve desteğini esirgemeyen Türk Havayolları Teknik A.Ş yöneticilerime ve çalışma arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

Aralık – 2019

Kerim İsmail KARACA

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER	3
1.1. Kapsam ve Amaç	3
2. UÇAKLARDA KULLANILAN SENSÖRLER VE PAZAR PAYI.....	4
2.1. Sensör Çeşitleri ve Uçaklardaki Kullanımları	4
2.1.1. Mekanik sensörler.....	5
2.1.1.1. Yaklaşma (proximity) sensörü	6
2.1.1.2. Döner değişken fark transformatörü (RVDT).....	7
2.1.1.3. Lineer değişken diferansiyel transformatör (LVDT)	8
2.1.2. Basınç sensörleri	9
2.1.3. Piezoelektrik sensörleri.....	10
2.1.4. Hız sensörleri	11
2.1.4.1. Pitot tüpü	11
2.1.5. Sıcaklık sensörleri.....	12
2.1.5.1. Termistörler	13
2.1.5.2. Isıl çiftler (Thermocouple, Termokupl).....	14
2.1.6. Rezistif kuvvet sensörleri (Force sensing resistor).....	15
2.2. Uçaklarda Kullanılan Sensörlerin Konumlarına Göre Kullanım Alanları.....	15
2.3. Uçaklarda Kullanılan Sensörlerin Pazar Payı	17
3. UÇAK KLOZET SİSTEMİNİN GÜVENLİĞİNİ SAĞLAMA AMAÇLI SENSÖR KULLANIMI	18
3.1. Tuvalet Vakum Sistemi ve Temizlenme Döngüsü	18
3.1.1. Uçak içerisinde tuvalette bulunan komponentler.....	19
3.1.1.1. Klozet muhafazası	19
3.1.1.2. Klozet takımı	20
3.1.1.3. Sifon anahtarı	21
3.1.1.4. Manuel açma/kapama vanası.....	21
3.1.2. Kargo bölümünde bulunan komponentler	21
3.1.2.1. Atık tankı	21
3.1.2.2. Vakum blower.....	22
3.1.2.3. Vakumlu blower barometrik anahtarı.....	23
3.2. Sifon Çalışma Operasyonu	23
3.3. Tuvaletin Temizlenme Döngüsü.....	25
4. TUVALET SİSTEMİNİN GÜVENLİK AÇIĞINDAN KAYNAKLI KAZALAR, ALINAN ÖNLEMLER VE KAZALARIN MALİYETİ.....	27

4.1. Kazalar ve Alınan Önlemler	27
4.2. Kazaların Havayolu Şirketlerine Maliyeti	29
5. TUVALET SİSTEMİNDE GÜVENLİĞİN SAĞLANMASI İÇİN OLUŞTURULAN DÜZENEKLER	30
5.1. Piezoelektrik Sensörü Kullanılan Kontrol Sistemi	30
5.2. Rezistif Kuvvet Sensörü (FSR) Kullanılan Kontrol Sistemi	31
5.2.1. Sensörü kullanmak için kullanılan mikro işlemci birimi.....	34
5.2.1.1 Arduino uno.....	35
5.2.2. Arduino Ide programı ve kurulumu	36
5.2.3. Arduino programlama dili ve temel komutlar	36
5.3. Tasarlanan Sistem	37
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	42
KAYNAKLAR	43
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	46
ÖZGEÇMİŞ	47



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Sensörlerin çalışma prensibi	4
Şekil 2.2.	Açma kapama işlemi için kullanılan mekanik sensör.....	6
Şekil 2.3.	Yakınlık (proximity) sensörü.....	7
Şekil 2.4.	Uçaklarda kullanılan RVDT sensör	8
Şekil 2.5.	Uçak üzerinde kullanılan lineer değişken diferansiyel transformatör (LVDT).....	9
Şekil 2.6.	Hidrolik deposunda kullanılan basınç sensörü	10
Şekil 2.7.	Motorda kullanılan piezoelektrik sensör.....	11
Şekil 2.8.	Pitot tüpü.....	12
Şekil 2.9.	Termistörler.....	13
Şekil 2.10.	a ve b; uçak motoru termokupl dizlimi	14
Şekil 2.11.	Rezistif kuvvet sensörü	15
Şekil 2.12.	Uçaklarda kullanılan sensörler ve kullanım bölgeleri	15
Şekil 2.13.	Uçak sensör pazarının bölgelere göre grafiği (milyar dolar).....	17
Şekil 3.1.	Klozet muhafazası.....	19
Şekil 3.2.	Tuvalet sehpası ve ekipmanları.....	20
Şekil 3.3.	Sifon anahtarı.....	21
Şekil 3.4.	Atık tankı ve ekipmanları	22
Şekil 3.5.	Vakum Blower ve ekipmanları	23
Şekil 3.6.	Sifon kontrol ünitesi ve tuvalet sehpası	24
Şekil 3.7.	Temizleme döngüsü	25
Şekil 3.8.	Tuvalet vakum sistemi elektrik şeması	26
Şekil 4.1.	Uçak klozet örnekleri.....	27
Şekil 4.2.	Sifon konum örnekleri	28
Şekil 5.1.	Piezoelektrik sensör kullanılan kontrol sistemi	30
Şekil 5.2.	Kuvvet sensörü iç yapısı	32
Şekil 5.3.	Kuvvet ve direnç grafiği	32
Şekil 5.4.	Rezistif kuvvet sensörü fiziksel yapısı.....	33
Şekil 5.5.	Kuvvet-iletkenlik grafiği.....	33
Şekil 5.6.	Kuvvet-iletkenlik grafiği.....	34
Şekil 5.7.	Arduino uno	36
Şekil 5.8.	Arduino ide	36
Şekil 5.9.	Kurulan devre şeması.....	37
Şekil 5.10.	Kurulan devrenin çalışma akış diyagramı	39
Şekil 5.11.	Ağırlık-gerilim grafiği	39
Şekil 5.12.	Devrenin üstten görünümü ve baskı devre hali.....	40
Şekil 5.13.	Tasarlanan devrenin uçak tuvaleti sisteminde ekleneceği yer	40
Şekil 5.14.	Tasarlanan sistem.....	41
Şekil 5.15.	Sistemin uygulama şekli	41

TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1. Uçuş maliyet hesaplama verileri.....	29
---	----



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AC	: Alternative Current (Alternatif Akım)
ADC	: Analog To Digital Converter (Analogtan Dijitale Dönüştürücü)
EEPROM	: Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory (Elektronik Silinebilir Programlanabilir Salt Okunur Bellek)
EGT	: Exhaust Gas Temperature (Egzoz Gaz Sıcaklığı)
FCU	: Flush Control Unit (Sifon Kontrol Ünitesi)
FSR	: Force Sensing Resistor (Rezistif Kuvvet Sensörleri)
KB	: Kilobayt
KM	: Kilometre
LCM	: Logic Control Module (Lojik Kontrol Modülü)
LVDT	: Linear Variable Differential Transformer (Lineer Değişken Diferansiyel Transformatör)
RVDT	: Rotary Variable Difference Transformer (Döner Değişken Fark Transformatörü)
SPI	: Serial Peripheral Interface (Seri Çevre Arayüzü)
SRAM	: Static Random Access Memory (Statik Rasgele Erişim Belleği)
UART	: Universal Asynchronous Receiver Transmitter (Evrensel Asenkron Alıcı/Verici)

REZİSTİF KUVVET SENSÖRÜ UYGULAMASIYLA UÇAK TUVALETLERİ VAKUM SİSTEMLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

Modern havacılık tarihi sürecinde yaşanan vakum kazaları incelenmiş ve bu kazalar neticesinde üretici firmalar tarafından alınan önlemler detaylı bir şekilde araştırılmıştır. Alınan önlemlerin, mevcut tuvalet vakum sisteminin güvenilirliği tam olarak sağlamadığı ve ek önlem alınması gerekliliği anlaşılmaktadır. Bu çalışmada, jumbo jet uçaklarda bulunan vakumla çalışan tuvaletlerde meydana gelen kazaların rezistif kuvvet sensörü kullanılarak geliştirilen faydalı modellerle ve böylece mevcut güvenlik açığının giderilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda tasarlanan elektronik kontrol düzeneği temel olarak, bir rezistif kuvvet sensörü, bir röle ve kontrol kartı olarak da Arduino Uno içermektedir. Gerçekleştirilen çalışma ile hem vakum sisteminin güvenilir olması sağlanmış olacak hem de bu sistemdeki kazaların önüne geçilerek uçuş süreci aksaması önlenecektir.

Anahtar Kelimeler: Rezistif Basınç Sensörü, Tuvalet, Uçak, Vakum Motoru.

IMPROVEMENT OF VACUUM SYSTEMS OF AIRCRAFT TOILETS WITH RESISTIVE FORCE SENSOR APPLICATION

ABSTRACT

In this thesis, its aimed to eliminate the existing security flaw by preventing accidents occurring in vacuum-operated toilets in jumbo jet aircraft by dint of a resistive force sensor. During modern aviation history accidents related to vacuum have been analyzed and precautions which were taken by manufacturers have been investigated in detail in consequence of accidents. It is recognised that precautions which were taken do not provide reliability of current vacuum-operated toilet system and additional precautions should be taken. The electronic control device designed in accordance with this purpose fundamentally consist of a resistive force sensor, a relay and Arduino Uno as a control card. Due to this study, both reliability of the vacuum system will be ensured and flight process delays will be obstructed by preventing accidents in tihs system.

Keywords: Resistive Force Sensor, Toilet, Aircraft, Vacuum Motor.

GİRİŞ

Modern havacılık tarihindeki teknolojik gelişmelerin kökenini incelediğimizde genellikle seyahatte konfor ve ihtiyaçlardan kaynaklandığı görülmektedir. Takip eden yıllar içinde ilgili teknolojilerin gerekliliklere dönüştüğünü görmekteyiz. Gerek günümüzde insanların konfor istekleri gerekse geliştirilen uçakların çok uzun süreli uçuşlar gerçekleştirmesi neticesinde uçak içerisinde tuvalet ihtiyacını gidermek zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu hususta uçak içerisinde tuvaletler tasarlanmış ve kullanılmaktadır.

Yapılan uçuşların denetlenmesi ve uçakların uçuşa elverişlilik gerekliliklerine ait şirketlerin yönetmelikleri bulunmaktadır. Bu yönetmelikler de, uçak üzerindeki komponentlerin bakımı ve işletilmesi konusunda bazı gereklilikleri vardır. Bu yüzden tuvalette yaşanan kazalar uçak ve uçuşa elverişlilik adına önem arz etmektedir. Bu kazalar çözülemez ise güvenlik açığına dönüşerek operasyonları yapan işletmecilere yüksek maliyetli sorunlar olarak yansiyacaktır.

Yapılan tez çalışmasında incelenen sifon vakumu kazaları olarak San Fransisco-Denver uçuşunda gerçekleşen vakum kazası 1 saatlik uçuş sonrasında gerçekleşmiş olup uçuşun acil iniş ile sonuçlanmasına neden olmuştur. Bu kaza sonucunda gerçekleşen acil inişin maliyeti yirmi iki bin TL (beş bin dolar) olmuştur [5]. Bu kaza sonucunda alınan güvenlik önlemi olarak tuvaletlerdeki sifon düğmelerinin yerleri değiştirilmiştir [1,2]. Fakat daha sonra yapılan araştırmalar Antalya-Giresun arasında gerçekleşen acil inişle son bulan kazanın havayolu şirketine otuz iki bin TL (altı bin dolar) zarara neden olmuştur [5]. Bu kaza sonucunda da sifon kapağının yapısı değiştirilerek kazalar önlenmeye çalışılmıştır. Ama alınan önlemin sadece uçuş esnasında değil yapılan bakım esnasında da yardımcı olması amaçlanırken önleyici bir çözüm olmadığı tespit edilmiştir [1,2].

Bu kazaların hem ekonomik hem prestij kaybı hem de çevresel sorunlara sebep olduğu bir gerçektir. Bu kazaların yaşandığı havalimanlarındaki seferlere ve o rota üzerindeki

hava trafiğine büyük oranda zarar verecektir. Uçak seferlerinde gecikmelere sebep olacaktır.

Yaşanan kazanın neticesinde aksayan seferlerden dolayı yüksek miktarda karbondioksit salınımı gerçekleşerek çevreye verilen zarar artacaktır.

Yapılan araştırmalar karbondioksit salınımı açısından havayolu taşımacılığının en büyük zarar veren ulaşım ağı olduğu ortaya çıkmıştır [6]. Çevresel zararları azaltmak adına kazaları önlemekte çözüm yolları arasında önem arz etmektedir.

Temel yaklaşım, mürettebatın ve yolcuların gerçekleştirdiği yolculuğu sorunsuz tamamlamak ve uçak sistemleri ile alt bileşenlerini çalışır düzeyde tutmaktır. Bu kapsamda, uçuşa elverişliliği tehdit eden ve yolcuların konforunu bozan kazaları ortadan kaldıran çözümler geliştirilmiştir.

Geliştirilen yöntemler olmuştur fakat kazalar yine de meydana gelmektedir. Bu kazaları ortadan kaldırmak adına daha işlevsel ve kontrol edilebilir bir yöntem geliştirilmelidir. Bu gelişmelere ek olarak daha sistemsel ve kontrol edilebilir bir devre tasarlanmış olup yapılan tez çalışması sonucu tuvalet sistemi üzerinde uygulanmıştır. Uygulanan yöntem uçuş esnasında ve bakım sırasında kazaya sebep olacak işleyişi ortadan kaldırdığı test edilmiştir.

1. GENEL BİLGİLER

Havacılık sektöründe üretici firmalar insanların konforlarını en üst seviyede tutmak adına birbirleriyle yarışmaktadır. Bazı geliştirmeler ve güncellemeler sayesinde birbirlerine fark atmaktadır. Yapılan yeniklerde işlevselliği göz önünde bulundurmamak gerekmektedir. Bunun yanı sıra üretilen uçaklar üzerinde yapılan yeniliklerin, geliştirmelerin ülke sivil havacılık otoritelerinden onay alması gerekmektedir. Alınan onayların sürdürülebilirliği açısından üretilen komponentlerin ortaya çıkardığı sorunlarında da çözülmesi gerekmektedir. Bu sorunlar çözülemez ise güvenlik açığına dönüşerek gerek üretici firma gerekse operasyonları yapan işletmecilere yüksek maliyetli dönüşler olacaktır. Ayrıca yaşanan sorunlar ekonomik kayıp ve prestij sarsılmasına neden olurken, çevresel sorunlara da sebep olduğu bir gerçektir.

1.1. Kapsam ve Amaç

Tez kapsamında havacılık sektöründe kullanılan jumbo jetlerin tuvalet komponentlerine ve tuvaletin çalışma prensibine, tuvaletlerinin konfor gerekliliklerinin sağlanmamasına sebep olan ve kullanılan tuvaletlerin uçuşa elverişliliğini engelleyici kazaların araştırılmıştır. Bu kazalar sonucunda yapılan iyileştirmelere, iyileştirmeler sonucunda devam eden kazaların hava yolu işletmelerine finansal zararların, yaşanan kazalar neticesinde doğaya verilen zararların incelenmesi şeklinde olacaktır.

Tezin kapsamında incelenen kazalar neticesinde tasarlanan devre ve devrede kullanılan rezistif kuvvet sensörü ve arduino detaylı bir şekilde incelenmiş ve kurulan devre simülasyon üzerinde test edilmiştir.

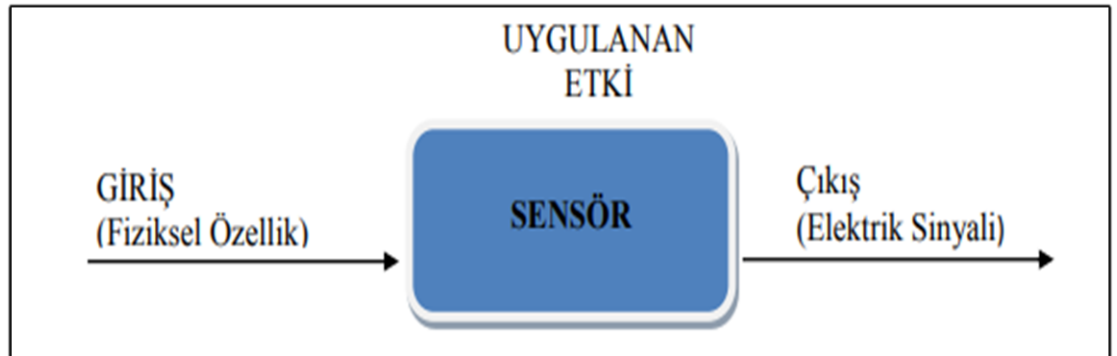
2. UÇAKLARDA KULLANILAN SENSÖRLER VE PAZAR PAYI

Günümüz hava yolu taşımacılığında kullanılan uçaklar insanların ulaşımını en hızlı ve en güvenli şekilde sağlamak için tasarlanmış birer teknoloji harikalarıdır.

Uçaklarda hız ve güvenliği sağlamak için birçok sistem ve bu sistemleri destekleyen birçok alt sistemler mevcuttur. Bu sistemlerin istenilen şekilde çalışabilmesi için bilgi alışverişi gerekmektedir. Kullanılacak bilgiler sensörler vasıtasıyla alınmaktadır. Uçak üzerinde kontrol edilebilir her sistem ve her yüzeyde sensör bulunmaktadır. Uçak üzerinde bulunan sensörler ve çalışma şekilleri aşağıda detaylı bir şekilde işlenmiştir.

2.1. Sensör Çeşitleri ve Uçaklardaki Kullanımları

Sensör kelimesi hissetmek anlamına gelen İngilizce to sense kelimesinden türetilmiştir. Türkçe’de ise sensör kelimesi yerine algılayıcı kullanılmaktadır [8]. Sensörler, dışarıdan gelen bir uyarıyı (ısı, ışık, nem, ses, basınç, kuvvet, elektrik, uzaklık, ivme gibi fiziksel ya da kimyasal büyüklükleri) işlenebilen ve ölçülebilen elektrik sinyallerine dönüştürmektedir. Örneğin; sensörler, fotoğraf makineleri ve kameralar gibi sayısal (dijital) görüntüleme cihazlarında, görüntü bilgilerini algılayan ve elektronik ortamda işlenebilir sinyallere dönüştüren temel unsurlardır [9].



Şekil 2.1. Sensörlerin çalışma prensibi

Sensörler çok küçük dış uyarıyı bile algılayabilen, büyük bir hassasiyete sahip olan cihazlardır. Hassasiyet için sensörler belirlenen standartlara karşı kalibre edilirler. Bir sensörü küçük boyutlarda tasarlamak, çeşitli alanlarda kullanılmasına olanak sağlar.

Günümüzde elektronik teknolojisinde gelişmeye bağlı olarak daha hızlı ve duyarlı mikrosensörler üretilmektedir. Sensörler, asansör düğmeleri, lambalar gibi gündelik nesnelere kullanıldığı gibi, insanların farkında bile olmadığı birçok uygulamada da kullanılmaktadır. Sensörler günümüzde havacılık, sağlık, otomotiv, robot, roket, makine vb. gibi birçok alanda daha geniş uygulamalar da kullanılmaktadır [10]. Sensör çeşitleri aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Günümüzde pek çok farklı sensör çeşitleri bulunmaktadır. Aşağıda sıralanan sensör çeşitleri, genel kullanım amaçlı, robotik ve havacılık alanda kullanılan sensörlerdir;

A. Mekanik sensörler

A.1. Yaklaşma (Proximity) sensörü

A.2. Döner değişken fark transformatörü (RVDT)

A.3. Lineer değişken diferansiyel transformatör (LVDT)

B. Basınç sensörü

C. Piezoelektrik sensörleri

D. Hız Sensörü

D.1. Pitot tüpü

E. Sıcaklık sensörü

E.1. Termistörler

E.2. Isıl çiftler (Thermocouple, Termokupl)

F. Rezistif Kuvvet sensörleri (FSR) [7].

2.1.1. Mekanik sensörler

Mekanik sensörler, sensörler kategorisindeki en temel sensördür. Çalışma prensibi açma-kapama anahtarlarıyla benzerdir. Şekil 2.2’de görüleceği üzere genellikle yaylı bir sistem engele çarptığında kontakt kapanır ve elektrik iletimi sağlanmış olur. Çıkışı, elektrik iletimi “var” ya da “yok” şeklinde olduğu için, dijital bir sensör olarak düşünebilir [11].



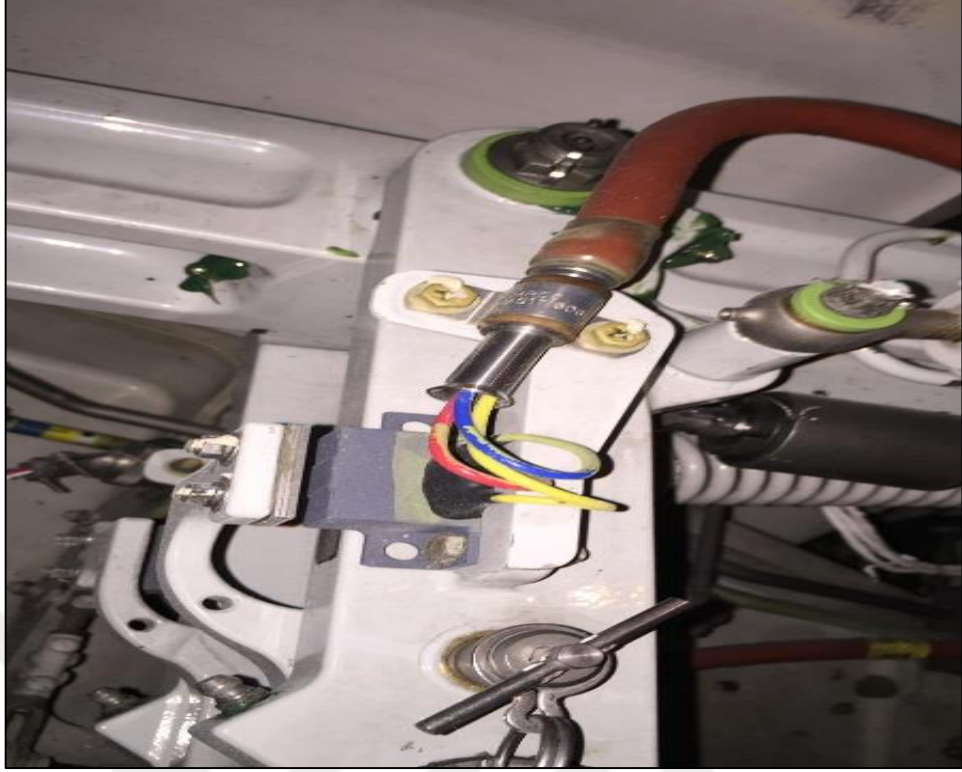
Şekil 2.2. Açma kapama işlemi için kullanılan mekanik sensör

2.1.1.1. Yaklaşma (proximity) sensörü

Yakınlık sensörü, herhangi bir fiziksel temas olmadan yakındaki nesnelerin varlığını algılayabilen bir sensördür.

Yakınlık sensörü genellikle bir elektromanyetik alan veya bir elektromanyetik radyasyon ışını (örneğin kızılötesi) yayar ve alanda veya dönüş sinyalinde değişiklikler arar. Algılanan nesneye genellikle yakınlık sensörünün hedefi denir. Farklı yakınlık sensörü hedefleri farklı sensörler gerektirir. Örneğin, bir kapasitif yakınlık sensörü veya fotoelektrik sensör plastik bir hedef için uygun olabilir; endüktif yakınlık sensörü her zaman metal bir hedef gerektirir. Uçak üzerinde çeşitli bölgelerde endüktif yakınlık sensörü kullanılır. Örneğin iniş takımlarında, kapılarda, spoilerlarda, slatlarda ve kuyruk bölgesi gibi hareketli yüzeylerde açılıp kapanma bilgisi vermektedir. Şekil 2.3'te gösterilen yaklaşma sensörü uçağın iniş takımları üzerinde bulunmaktadır.

Yakınlık sensörleri, mekanik parçaların bulunmaması ve sensör ile algılanan nesne arasında fiziksel temas olmaması nedeniyle yüksek güvenilirliğe ve uzun işlevsel ömre sahip olabilir [1, 2, 3].



Şekil 2.3. Yakınlık (proximity) sensörü

2.1.1.2. Döner değişken fark transformatörü (RVDT)

Döner değişken diferansiyel transformatör (RVDT), açısal yer değiştirmeyi ölçmek için kullanılan bir tür elektrik transformatörüdür.

Döner Değişken Diferansiyel Transformatörü (RVDT), giriş şaftının açısal yer değiştirmesiyle doğru orantılı olan değişken bir alternatif akım (AC) çıkış voltajı sağlayan elektromekanik bir dönüştürücüdür. Sabit bir AC kaynağı ile enerji verildiğinde, çıkış sinyali açısal yer değiştirme üzerinde belirli bir aralık içinde doğrusaldır.

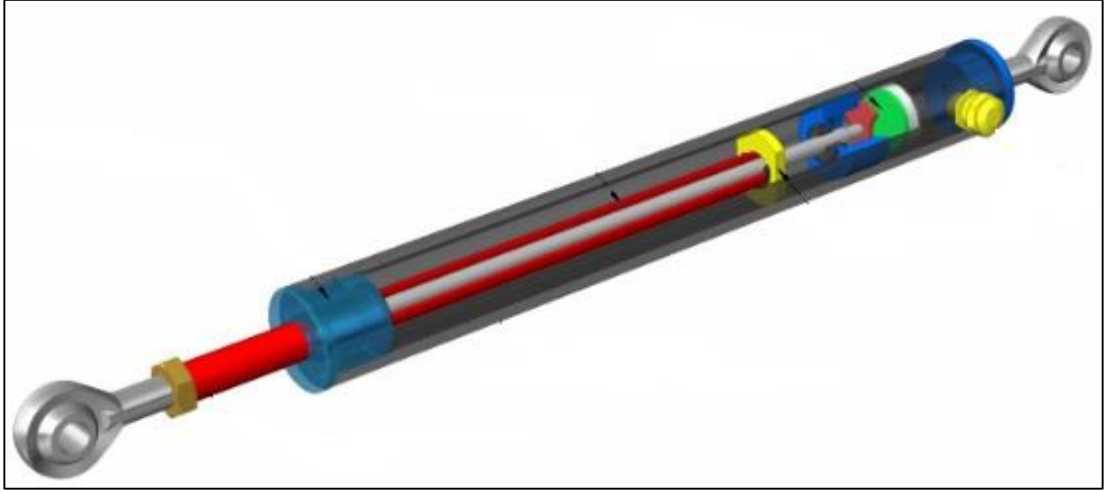
RVDT'ler, uzun ömür ve sonsuz çözünürlükle güvenilir, tekrarlanabilir konum algılama sağlamak için fırçasız, temassız teknoloji kullanır. Bu güvenilir ve tekrarlanabilir performans, en zorlu çalışma koşullarında doğru konum algılamayı garanti eder. Uçak üzerinde açı bilgisi gerekli olan ve uçuş güvenliği için elzem olan ana uçuş kumanda yüzeylerinde açı bilgisi RVDT sensörler ile ölçülmektedir. Uçak flapları üzerinde kullanılan RVDT sensör Şekil 2.4'te gösterilmiştir [1,2,3].



Şekil 2.4. Uçaklarda kullanılan RVDT sensör

2.1.1.3. Lineer değişken diferansiyel transformatör (LVDT)

Lineer değişken diferansiyel transformatörler (LVDT) mutlak doğrusal konum / yer değiştirme dönüştürücüleridir. Sürtünmesiz, düzgün kullanıldıklarında neredeyse sonsuz bir döngü ömrüne sahiptirler. AC ile çalışan LVDT'ler herhangi bir elektronik içermediğinden, çok yüksek sıcaklıklarda, zorlu ortamlarda ve yüksek titreşim ve şok seviyelerinde çalışmak üzere tasarlanabilirler. LVDT'ler güç türbinleri, hidrolik, otomasyon, uçak, uydular, nükleer reaktörler ve diğerleri gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. LVDT'ler uçaklar üzerinde yüksek sıcaklık ve yüksek titreşimin olduğu motor bölgesinde bulunan reverse üzerinde açılma kapanma bilgisi elde etmek için kullanılmaktadır. Uçak üzerinde kullanılan LVDT sensör Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Uçak üzerinde kullanılan lineer değişken diferansiyel transformatör (LVDT)

2.1.2. Basınç sensörleri

Her türlü basınç değişimini algılayan ve bu değişimi elektriksel sinyale çeviren cihazlara basınç sensörü denir [17,18]. Robot kol uygulamaları gibi projelerde basınç sensörleri robot kolu ile tutulan cisme uygulanan basıncın kontrol edilmesi için kullanılabilir [17, 19, 20].

Basınç sensörleri uçak üzerinde genellikle kabin içinde, kargo bölümünde, uçak tuvalet sisteminde ve hidrolik sıvısı depolarında kullanılmaktadır.

Kabin içinde uçağın içi basıncını dış basınca göre ayarlamaya ve insanlar için elverişli bir ortam sağlamak için kullanılmaktadır.

Kabin içinde bulunan basınç sensörleri kabin içinin iklimlendirilmesiyle bağlantılı olarak istenilen basınç seviyesini ayarlamayı sağlar. Kargo bölümünde ise uçağın yapısını ve kaportasını korumak için kullanılmaktadır. Uçak tuvalet sisteminde bulunan basınç sensörü uçağın dış basıncına göre tuvalet vakum motorunun çalışmasını ayarlar. Uçak tuvalet sisteminde bahsettiğimiz sensörlere ek olarak kapasitif basınç sensörler kullanılmaktadır. Bunlar genellikle tanklar üzerinde bulunan kapasitif sensörler atık tankının üzerinde bulunarak tankın doluluğunun bilgisini vermektedir. Hidrolik sıvısı depolarında bulunan basınç sensörleri ise hidrolik depolarındaki basıncı ve hatlardaki basınçlamayı uygun bir şekilde yapmak için sürekli basınç ölçümü yapar ve Şekil 2.6'da gösterilmiştir [1, 2 ,3].



Şekil 2.6. Hidrolik deposunda kullanılan basınç sensörü

2.1.3. Piezoelektrik sensörleri

Piezoelektrik, basıncı ve titreşimi elektrik gerilimine dönüştürür. Roşel tuzu, turmalin, baryum ve kristal yapıli maddeler, piezoelektrik özellikli algılayıcılar olarak kullanılır. İki yüzeyine basınç uygulanan pizelektrik transdüserleri, gerilim meydana getirme özelliklerinden yararlanılarak, titreşim ve basınç gibi mekanik cihaz ölçümleri yapımında kullanılır [18,22]. Piezoelektrik basınç algılayıcıları ile iç basınç, darbe, balistik ölçümler, patlama, içten yanmalı motorlarda şok ve patlama dalgaları, yüksek şiddetli ses, akustik ve hidrolik gibi 0,001 psi'den 100 psi'ye kadar dinamik basınç ölçümleri yapılabilir [17]. Piezoelektrik sensörler elektronik saatlerde, basınç ve titreşim ölçümleri ile kristal mikrofonlarda kullanılır [18,22].

Uçak üzerinde piezoelektrik sensörler uçak motorları içerisinde kullanılmaktadır. Motorlarda istenmeyen ve zararlı olan vibrasyonu ölçüp operasyondan önce giderilmesi gerekmektedir. Motorlar içerisinde bulunan ve motorun hareket etmesini ve diğer motor kademelerini döndürmek için bulunan N1 ve N2 şaftları bulunmaktadır. Bu şaftlar üzerine piezoelektrik sensörler yerleştirilerek motorda istenmeyen titreşimi ölçerek motorun zarar görmesi engellenir. Bu sensör işlevi itibariyle motor ömrünü ve çalışmasını istenilen koşullarda tutmaktadır. Şaft üzerine yerleştirilen sensör Şekil 2.7' de gösterilmiştir [1,2,3].



Şekil 2.7. Motorda kullanılan piezoelektrik sensör

2.1.4. Hız sensörleri

Hız sensörleri, bir objenin hızını ölçmek için kullanılan cihazlardır. Genellikle ulaşım araçlarında kullanılır. Hız sensörlerinin en önemlisi pitot tüpdür ve havacılık sektörünün vazgeçilmezidir [7].

2.1.4.1. Pitot tüpü

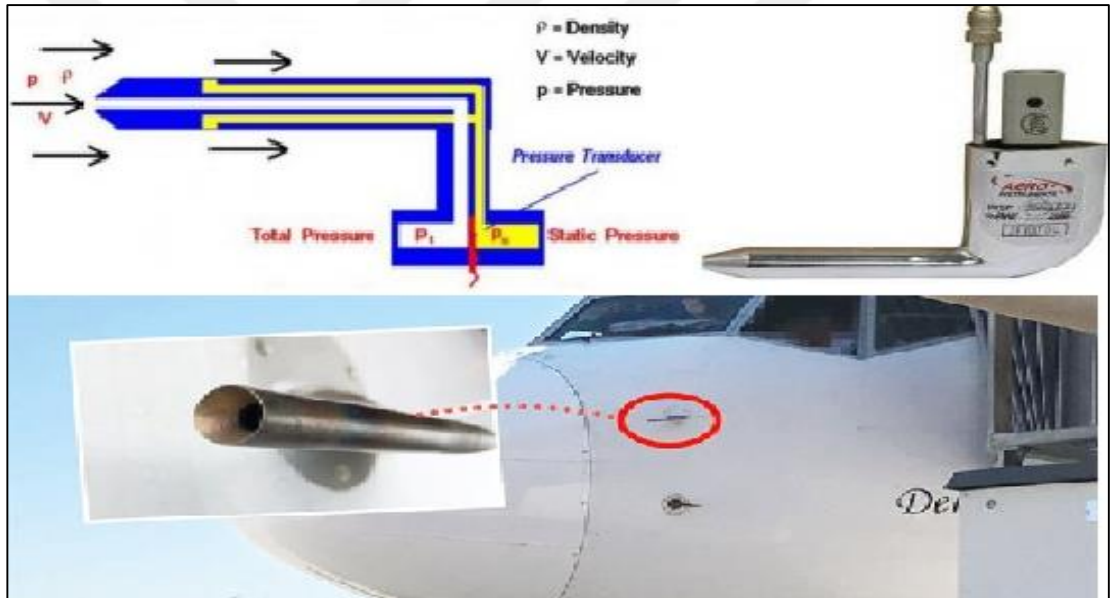
Pitot tüp Şekil 2.8’de gösterildiği gibi bir akışkanın yarattığı toplam basıncı ve buna bağlı olarak akışkanın hızını ölçen sensördür. Özellikle hava araçlarında yaygın olarak kullanılan pitot tüpü, statik sistemle birlikte, dinamik basıncın görülen hıza çevrilmesinde kullanılır.

Pitot tüpü, hava araçları üzerinde hava akımının düzenli olduğu ve harici etkenlerden fazla etkilenmediği bölgelere yerleştirilir. Uçuşta buzlanmayı önlemek amacıyla uçaklarda genellikle pitot tüp ısıtıcı sistemler bulunur. Uçuş haricî zamanlarda pitot tüpü, böcek ve pisliklerden korumak için kılıf ile muhafaza edilir. Kılıfın takılı unutulması veya pitot tüpünün başka herhangi bir nedenle tamamen tıkanması, hız göstergesinin 0 değer göstermesine neden olur. Ancak hem pitot deliği hem de tüpün altındaki tahliye hattı tıkanığında altimetre gibi davranır, yani sabit hız gösterir [24,25].

Pitot tüpü akışkanın hareket yönüne paralel ve ters yönde yerleştirilir. Akışkan pitot tüpünden geçerken, taşıt ve akışkanın göreceli hareketi nedeniyle oluşan dinamik basıncın ve akışkanın tüm yüzeylerde oluşturduğu (pitot tüpü dahil) statik basıncın bileşkesini yani toplam basıncı ölçer. Toplam basınç bazı kaynaklarda pitot basıncı olarak da adlandırılır [7].

Pitot tüpü hava araçlarında pito-statik sistemin bir parçasıdır. Pitot tüpünden gelen toplam basınç, sistemdeki hassas diyaframın genişlemesine neden olur.

Statik deliklerden gelen statik basınç ise, diyaframın statik basınç oranında daralmasını sağlar. Bu iki hareketin bileşkesi dinamik basıncı verir ve bu bilgi hız göstergesindeki skalaya yansıtılır [25].



Şekil 2.8. Pitot tüpü

2.1.5. Sıcaklık sensörleri

Ortamdaki ısı değişimini algılamaya yarayan cihazlara ısı veya sıcaklık sensörleri denir. Birçok maddenin elektriksel direnci sıcaklıkla değişmektedir ve bu maddeler kullanılarak sıcaklık kontrolü ve sıcaklık ölçümü yapılır [17,27]. Sıcaklık sensör çeşitleri;

1. Termistörler
2. Isıl çiftler (Thermocouple, Termokulp)

2.1.5.1. Termistörler

Ortamdaki ısı değişimini algılamaya yarayan cihazlara ısı veya sıcaklık sensörleri denir ve birçok maddenin elektriksel direnci sıcaklıkla değişmektedir. Bu maddeler kullanılarak sıcaklık kontrolü ve sıcaklık ölçümü yapılır.

Sıcaklık ile direnci değişen elektronik malzemelere, term (sıcaklık) ve rezistör (direnç) kelimelerinin birleşimi olan termistör denir [17].

Şekil 2.9’da gösterilen termistörler sıcaklığa duyarlı dirençlerdir. Sıcaklığa bağlı direnç sensörlerinden daha yüksek dirence sahip olmaları nedeniyle daha hassas yapıdadır. Çünkü yüksek dirençlerinden dolayı bağlantı uçlarının dirençlerinden kaynaklanan ölçüm hatası sıcaklığa bağlı direnç sensörlerinkinden çok daha küçük olur. Sonuç olarak termistörler, sıcaklığa bağlı direnç sensörleri ile ölçülemeyecek küçük sıcaklık değişimlerini ölçmek için kullanılırlar [7,17].



Şekil 2.9. Termistörler

Termistörler yarı iletken maddelerden yapılırlar ve yarı iletken maddelerin dirençleri sıcaklık ile ters orantılıdır [17].

Bu avantajlarının yanı sıra algılayıcının kırılğan yapısı, kullanım aralığının birkaç yüz derece ile sınırlı olması ve üst sınır sıcaklıklarına yakın sıcaklıklara uzun süre maruz kaldıklarında yeniden kalibrasyon gerektirmeleri gibi dezavantajları da vardır [17].

Yakıt tanklarında termistörler kullanılmaktadır. Amacı ise yakıt tanklarında bulunan yakıtın sıcaklığını ölçerek kokpitte sayısal değer olarak görülmesini sağlar ve yakıtı ısıtan sistemlere gerekli bilgileri verebilmek için kullanılır. Kabin içerisinde de sıcaklık sensörleri bulunmaktadır ve buradaki değerleri gerekli sistemlere göndererek

kabin sıcaklığını ayarlamak için kullanılmaktadır. Yakıt tanklarında da sıcaklık sensörleri kullanılmaktadır. Yakıt sıcaklığını kokpitte sayısal değer olarak görmek için sıcaklık sensörleri önem arz etmektedir [1,2,3].

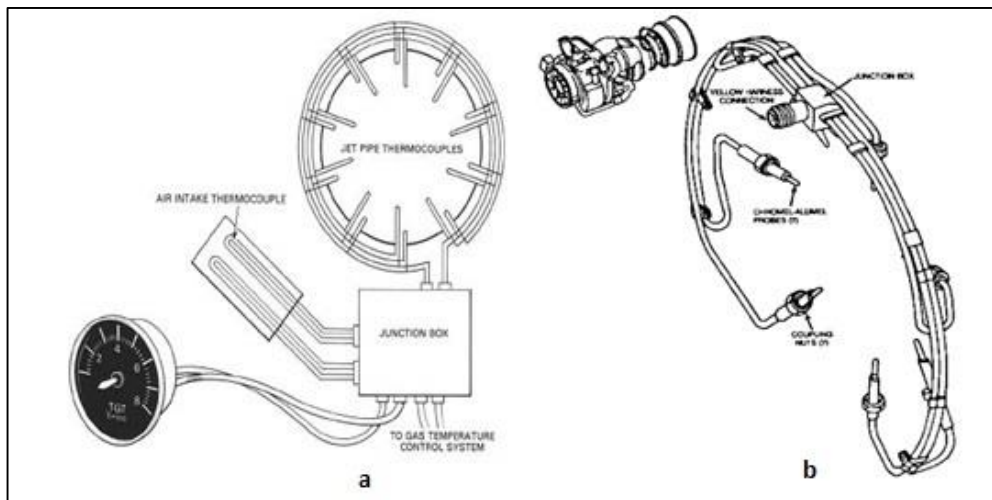
2.1.5.2. Isıl çiftler (thermocouple, termokupl)

Uçak üzerinde sıcaklık sensörlerinin birçok çeşidi kullanılmaktadır. Sıcaklık sensörlerinin en önemlisi termokupllardır. Uçak motorlarının güvenli ve istenilen değerlerde çalışması için vazgeçilmez bir unsurdur.

Örnek vermek gerekirse, termokupllar uçak motorunun egzoz kısmında bulunur ve egzoz gaz sıcaklığı (egt) ölçümü yaparak motor devrini ve hızını belirlemek için kullanılır. Şekil 2.10'da termokuplların uçak üzerindeki dizilimi gösterilmiştir [1,2,3].

Seebeck etkisi olarak adlandırılan "Farklı iki iletken bir devre oluşturuyorsa ve devrenin iki noktası arasında bir sıcaklık farkı var ise bu devreden bir akım geçer" prensibinden hareketle, iki farklı iletkenin birer uçları birbirine kaynak edilerek ya da sıkıca birbirine bağlanarak ısıl çiftler (termokupl) elde edilir [17].

Termokupl kısa dönemli ölçümler için ekonomik olmakla beraber, -200 °C ile +2300 °C arasında çalışabildiklerinden endüstride yüksek sıcaklıkta çalışan kazanların ısı kontrolünde kullanılır [17, 21, 27]. Şekil 2.10'da gösterilen termokupllar özellikle uçak motor parametrelerinde ve uçak için hayati önem arz etmektedir. Basit yapıları olumsuz ortam koşullarına (aşırı şok, vibrasyon gibi) dayanıklı olmalarını sağlar [17].

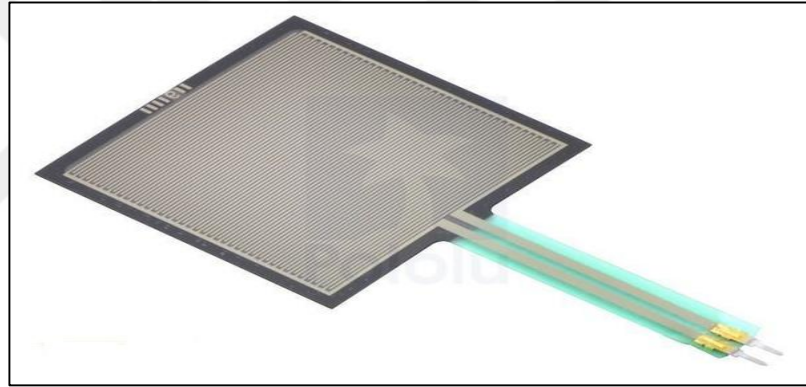


Şekil 2.10. a ve b; uçak motoru termokupl dizilimi

2.1.6. Rezistif kuvvet sensörleri (Force sensing resistor)

Rezistif kuvvet sensörleri (FSR, Force Sensing Resistor) yüzeyine uygulanan kuvvetten yola çıkarak direncini değiştiren kondüktif polimerden meydana gelir. Genelde yüzey taramasında kullanılan bir polimer tabaka veya mürekkep olarak beslenirler. Algılayan tabaka, elektriksel iletken ve yalıtkan parçacıklardan oluşur. Bu tabakanın üzerine kuvvet uygulamak, parçacıkların iletken elektrotlara temas edip tabaka direncini düşürmesine neden olur.

Bütün direnç esaslı sensörlerde olduğu gibi, FSR, basit bir arayüze ihtiyaç duyar ve normal koşullar altında rahatça çalışabilir. Diğer kuvvet sensörleri ile karşılaştırıldığında FSR'nin avantajı, boyutu (kalınlığı 0.5 mm'den az), düşük maliyetli olması ve iyi bir şok direncine sahip olmasıdır [7,29,30,38].



Şekil 2.11. Rezistif kuvvet sensörü [31]

2.2. Uçaklarda Kullanılan Sensörlerin Konumlarına Göre Kullanım Alanları



Şekil 2.12. Uçaklarda kullanılan sensörler ve kullanım bölgeleri

Şekil 2.12’de gösterilen 1 ve 2 numaralı uçuş kontrol yüzeyleri bölgelerinde yakınlık (proximity) sensörleri, pozisyon sensörleri, RVDT sensörleri kullanılmaktadır.

Yakınlık (proximity) sensörleri ve pozisyon sensörleri slat, spoiler, elevator ve rudder pozisyonlarını ölçmek ve açık kapalı konumu bildirmek için kullanılmaktadır. RVDT sensörler ise flapların pozisyon bilgisini açısal olarak kokpitte gösterilmesini sağlar.

Şekil 2.12’de gösterilen 3 numaralı iniş takımı ve frenler bölgesinde yakınlık (proximity) sensörü, pozisyon sensörü ve sıcaklık sensörleri kullanılmaktadır.

Yakınlık (proximity) sensörleri ve pozisyon sensörleri iniş takımlarının açık veya kapalı bilgisini vermek için kullanılmaktadır. Sıcaklık sensörleri ise lastiklerde bulunan frenler üzerinde bulunur ve fren balatalarının sıcaklıklarını ölçer.

Şekil 2.12’de gösterilen 4 numaralı motorlar bölgesinde LVDT, termokupl, RVDT ve piezoelektrik sensörleri bulunmaktadır.

Motor freni yapmak için tasarlanan reverse üzerinde bulunan LVDT sensörler reverselerin konum bilgisini vermek için kullanılmaktadır. Lineer konumda hareket eden reversleri açıp kapatan piston üzerinde bulunmaktadır. Termokupllar ise motorun ana parametresi olarak kabul edilen egsox gaz sıcaklığını (EGT) değerini ölçmek için motorun egsoz kısmında bulunmaktadır. Termokuplların ölçtüğü EGT değeriyle yakıt tüketimi ve itme kuvveti ayarlanmaktadır. Motor üzerinde bulunan hidro mekanik kontrol ünitesi motorun yakıt tüketimini motor kontrol ünitesi üzerinde bulunan RVDT sensörlerle kontrol etmektedir. Piezoelektrik sensörler ise motorun ve diğer hareketli parçalarının dönemsini sağlayan N1 ve N2 şaftları üzerinde bulunur ve vibrasyon değerlerini ölçer.

Şekil 2.12’de gösterilen 5 numaralı kargo bölümünde sıcaklık sensörleri, duman sensörü ve basınç sensörü bulunmaktadır.

Sıcaklık sensörleri kargo bölümünün iklimlendirilmesi için iklimlendirme birimine sıcaklık bilgisi vermektedir. Duman sensörü ise herhangi bir yakına karşı koruma sağlamak için kullanılmaktadır. Basınç sensörlerinin 2 farklı kullanım alanı bulunmaktadır. Birisi kargo bölümünde iç basınç ve dış basıncı eşitlemek ve uçağın yapısını korumak için kullanılmaktadır. Diğeri ise tuvalet vakum sistemi üzerinde

bulunmaktadır ve basınç bilgisi vererek vakum motorunun çalışma bilgisini vermektedir.

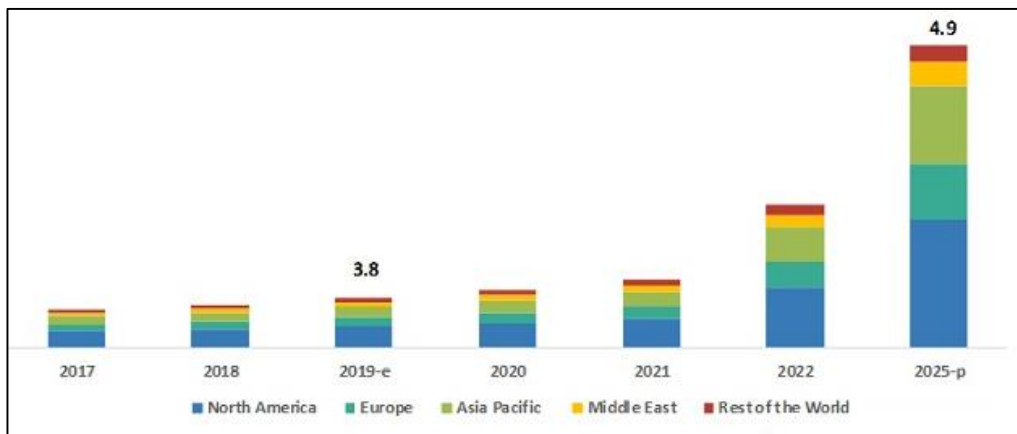
Şekil 2.12'de gösterilen 6 ve 7 numaralı kabin içi ve kokpit bölgelerinde sıcaklık, basınç, duman ve oksijen sensörleri bulunmaktadır.

Sıcaklık sensörleri kokpit ve kabin içerisinde iklimlendirme için kullanılmaktadır. Basınç sensörü ise uçağın iç basınç dış basınç oranını belirlemek ve dengeyi sağlayabilmek için kullanılmaktadır. Duman sensörü ise çıkabilecek yangın için kullanılmaktadır. Oksijen sensörü ise kabin içinde ve kokpitte oksijen seviyesinin düşmesi durumunda oksijen maskelerinin devreye girmesi için kullanılmaktadır.

Şekil 2.12'de gösterilen 8 numaralı kapılar bölgesinde pozisyon ve yakınlık (proximity) sensörü kullanılarak kapıların açık kapalı bilgisini kokpitte görmeye yaramaktadır [1, 2, 3].

2.3. Uçaklarda Kullanılan Sensörlerin Pazar Payı

Marketsand Markets yaptığı araştırmalara göre uçakta üzerinde kullanılan sensörler uçuş kumanda sistemlerinde, basınç, sıcaklık, hız, yakınlık, cayro ve sensör uygulanan uçak komponentleri motor, kapı, çevre kontrolü, sensörleri başlıklı araştırma raporu ve 2025'e kadar Küresel Tahmin, uçak sensörleri pazarının 2019'da 3,8 milyar dolardan 2025'te 4,9 milyar dolara,% 4,48'lik bir büyümesini öngörüyor [32,33].



Şekil 2.13. Uçak sensör pazarının bölgelere göre grafiği (milyar dolar) [33,34]

Bu araştırmalar neticesinde uçak üzerinde kullanılan sensörlerin ne kadar gerekli ve hayati önem taşıdığını gözler önüne sermektedir.

3. UÇAK KLOZET SİSTEMİNİN GÜVENLİĞİNİ SAĞLAMA AMAÇLI SENSÖR KULLANIMI

Bölüm 1’de anlatıldığı gibi uçaklarda güvenilir ve konforlu uçuş için çok sayıda ve çeşitte sensör kullanılmaktadır. Yapılan çalışma uçak tuvalet sisteminde yaşanan güvenlik açığını gidermeye yönelik sensör sistemi tasarlanmasını kapsamaktadır. Çalışmada ilk olarak sistem ve bileşenler anlatılmış ardından yaşanan problemler ve çözüm yöntemine geçilmiştir. Uçak üzerinde kullanılan sensörler incelenmiş olup birçok sisteminde çeşitli akıllı sensör kullanıldığı görülmektedir. Uçak ve uçuş için hayati olan sistemler ve bu sistemler içerisinde kullanılan akıllı sensörler detaylı incelenmiştir. Uçak yakıt sisteminde sıcaklık sensörleri, seviye belirleme sensörleri, yoğunluk ölçüm sensörleri, uçak hareket yüzeyleri üzerinde hareket ve konum belirleme sensörleri, motor bölümünde hayati önem arz eden piezoelektrik vibrasyon sensörleri, ana uçuş parametresi olarak kullanılan egzoz gaz sıcaklığı (EGT, exhaust gas temperature) için sıcaklık değerlerini ölçen termokupl sensörü, reverse sisteminde doğrusal değişken diferansiyel transformatör (LVDT, Linear Variable Differential Transformer) sensörleri kullanılmıştır. Konumuz olan tuvalet sisteminde de atık tankında doluluk oranını belirlemek için kapasitif sensörler ve vakum sisteminin çalışması için barometrik sensörler kullanılmıştır[1,2,3]. Uçak üzerinde tüm sensörler üstünde bulunduğu sistemi çalışabilir ve güvende tutmak için kullanılmaktadır.

3.1. Tuvalet Vakum Sistemi ve Temizlenme Döngüsü

Uçak seyahatlerinde yolcu ve ekip konforunu ve sağlığını gerekli düzeyde sağlamak için uçakta tuvalet sisteminin var olması gereklidir. Tuvalet sisteminin havada ve yerde sistemsel olarak düzgün çalışması için gereken sistem ve komponentler aşağıdaki gibi sıralanmıştır [1,2].

Sistem temek olarak iki ana kısımdan oluşmaktadır.

A. Uçak İçinde Bulunan Komponentler

A.1. Klozet Muhafazası

A.2. Klozet Takımı

A.3. Sifon Anahtarı

A.4. Manuel Açma/Kapama Vanası

B. Kargo Bölümünde Bulunan Komponentler

B.1. Atık Tankı

B.2. Vakum Blower

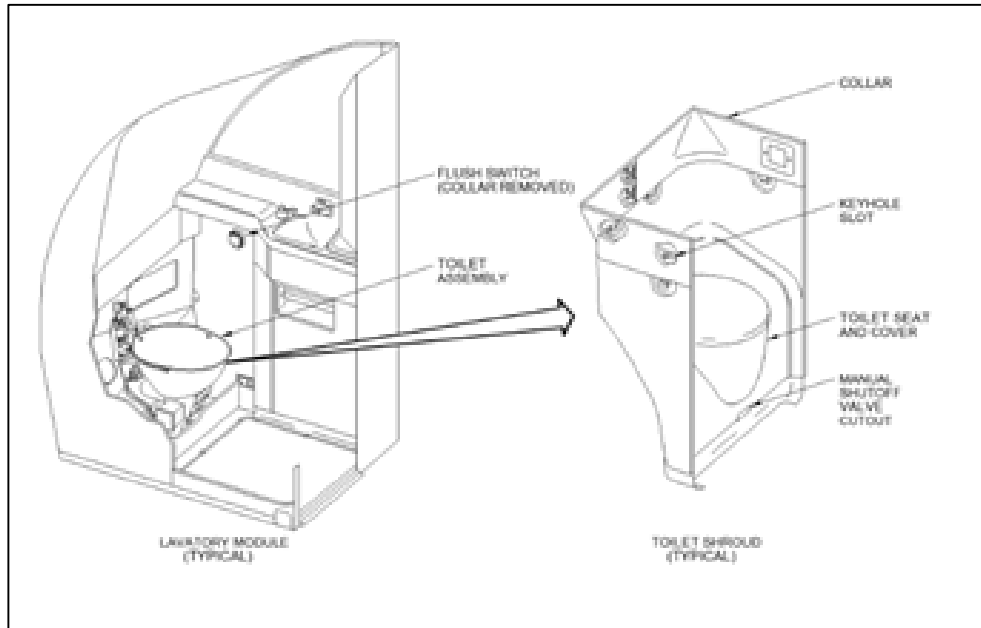
B.3. Vakum Blower Barometrik Anahtarı

3.1.1. Uçak içerisinde tuvalette bulunan komponentler

Uçak tuvaletleri insanlar seyahat ederken ihtiyaçlarını giderebilmek için tasarlanmıştır. Tuvalet sistemi atıkları toplar ve uçak yolculuğunu tamamlayana kadar bu atıkları depolar. Tuvalet sistemi atıkları atık tankına göndermek için vakumlu atık sistemini kullanarak tasarlanmıştır [1,2].

3.1.1.1. Klozet muhafazası

Klozet muhafazasının bir koltuğu ve bir kılıfı vardır. Klozet takımının yapısını gizlemek korumak ve tuvaleti kullanan kişilere konfor sağlamak için tasarlanmıştır. Bu tasarımlar her uçakta farklılık gösterebilir. Klozet takımı ve tuvalet atık hattında oluşabilecek herhangi bir arıza ya da bakım için sökülebilir formda tasarlanmıştır [1,2].



Şekil 3.1. Klozet muhafazası

3.1.1.2. Klozet takımı

Klozet takımı tuvalet muhafazası arkasındadır. Bir tamir, sökme ve kurulum için tuvalet tertibatına erişebilmek için önce tuvalet muhafazasını çıkarmanız gerekir.

Klozet takımı aşağıdaki komponentlerden oluşmaktadır;

a. Klozet ve Klozet Sehпасı

b. Durulama Vanası

c. Sifon valfi

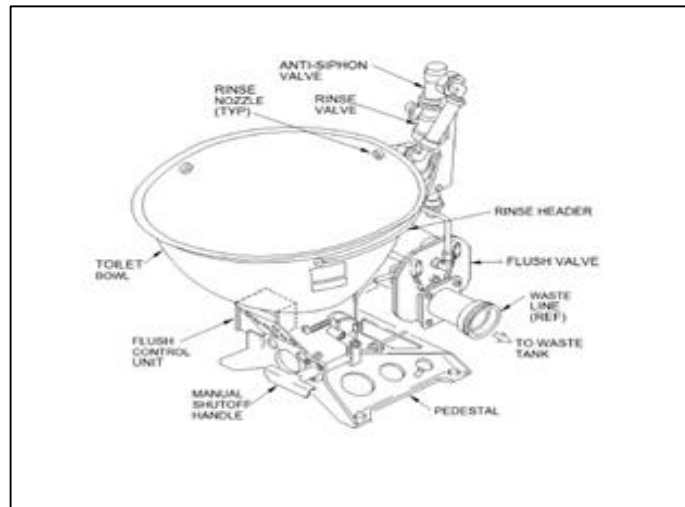
d. Manual Kapatma Vanası

e. Sifon Kontrol Ünitesi (FCU).

a. Klozet ve klozet sehпасı paslanmaz çeliktir. Klozet iç yüzeyini temiz tutmak için klozet iç yüzeyinde yapışmaz malzeme tabakası bulunur. Klozet yapışmaz malzemedan yapılmış bir tabakaya sahiptir ve eğer klozeti herhangi bir temizleyiciyle temizlenecekse klozet temizleyici sıvısının klozet içinde uzun süre kalmasına izin verilmemelidir. Klozet temizleyici sıvısı klozet yüzeyine zarar verebilir.

b. Durulama valfi, tuvalet sifonu için su verir. Durulama valfi, iç filtreli ve selenoid kumandalı bir akış kapama vanasıdır. İçme suyu sistemine basınç uygulanmadığında durulama valfi açılır kendiliğinden su akar.

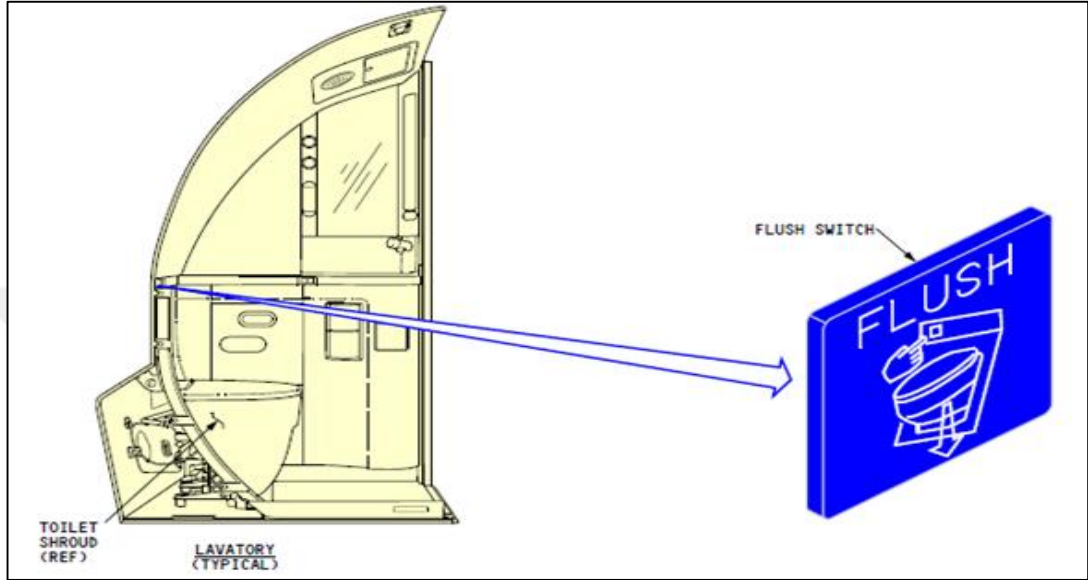
c. Sifon valfi, klozet ve atık hattı arasındaki akış yolunu kapalı tutar. Sifona basıldıktan sonra toplanan atıkların tanka gitmesi için açılır ve atık tankına giden atık suyun uçağın aşağı yukarı hareketinden dolayı geri klozete gelmesini engeller [1,2].



Şekil 3.2. Tuvalet sehпасı ve ekipmanları

3.1.1.3. Sifon anahtarı

Sifon anahtarı, vakum atık sistemi için yıkama döngüsünü başlatır. Sifon anahtarı uçak tiplerine göre tuvalet kabini içerisinde farklı yerlerde bulunabilir. Sifon anahtarı vakumu başlatan elektriksel sinyali sifon kontrol ünitesine göndererek başlatır [1,2].



Şekil 3.3. Sifon anahtarı

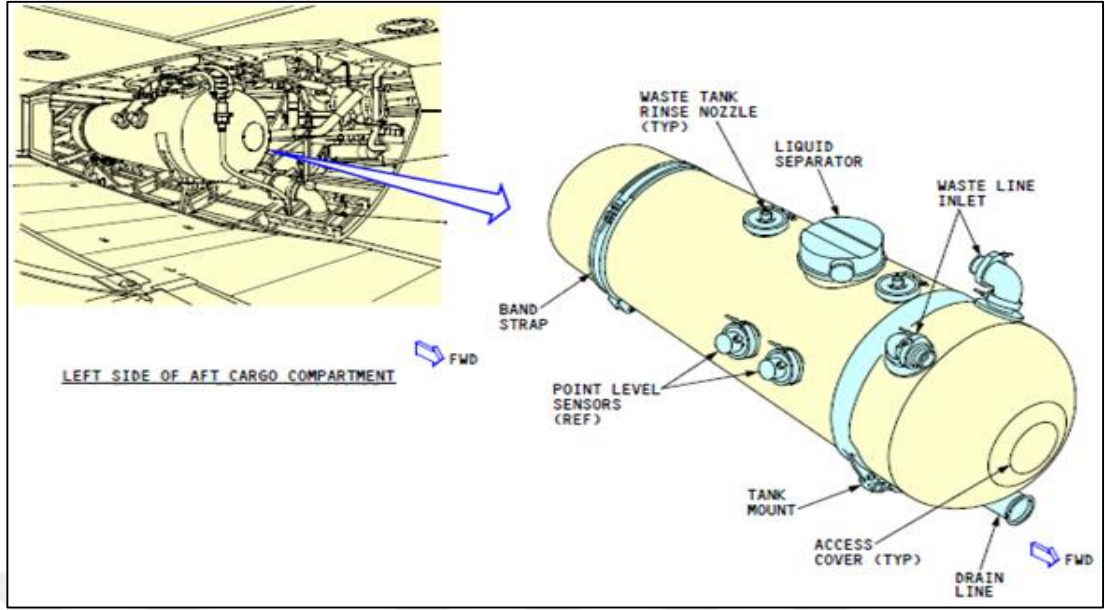
3.1.1.4. Manuel açma/kapama vanası

Uçak üzerinde herhangi bir arıza olduğunda ya da tuvalette bir bakım işlemi yapıldığı zaman su hattını kapatmak için kullanılır.

3.1.2. Kargo bölümünde bulunan komponentler

3.1.2.1. Atık tankı

Atık tankı, tuvaletten gelen atıkları uçak yere ininceye kadar toplar. Atık tankı grafit fiber takviyeli plastik bir kaptır. Tank iç duvarı, paslanmaz çelik bir astar üzerine sarılmış grafit filamentlerden oluşur. Bu tank, uçağın sol tarafındaki arka kargo bölümünde yer almaktadır ve kullanılabilir kapasitesi 60 galondur (227 litre) [1,2].



Şekil 3.4. Atık tankı ve ekipmanları

3.1.2.2. Vakum blower

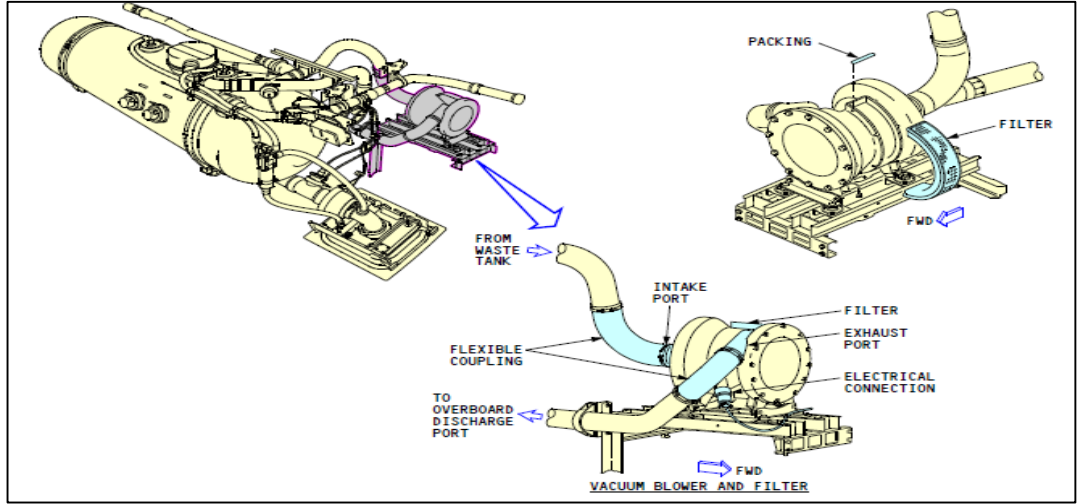
Vakum blower sol taraftaki arka kargo bölmesindedir. Vakum blower, atık deposunun önüne bir rafta bulunur. Vakum blower, sifon anahtarına basıldığında ve uçak 16.000 feet'in altında ise çalışır. Vakum blower, üç fazlı, yüksek hızlı, motorla çalışan bir fanıdır. P91 güç dağıtım paneli veri yolu, vakum blower çalışması için üç fazlı 115v AC güç sağlar [1,2].

Vakum blower şu özelliklere sahiptir;

- Giriş noktası
- Egzoz portu
- Elektriksel bağlantı
- Filtre

Vakum blower havayı atık tankından alır ve uçağın dışına üfler. Havanın atık tankından alınması atık tankındaki basıncın düşmesine neden olur. Yıkama vanası açıldığında, yüksek basınçlı kabin havası, tuvalet atıklarını atık tankına iter.

Her sifon anahtarı, FCU'ya bir sinyal gönderir. Her FCU'daki çalışma mantığı, vakum blowerın çalışması için devreyi tamamlar [1,2].



Şekil 3.5. Vakum Blower ve ekipmanları

3.1.2.3. Vakumlu blower barometrik anahtarı

Vakum blower barometrik anahtarı, uçağın irtifası 16.000 feet'in üzerinde olduğunda açılır. Açık anahtar, vakum blowerın açılmasına izin vermez. Barometrik anahtar, uçak 16.000 feet'in üzerindeki vakum blowerın çalışmasını durdurur. Üç termal şalter aşırı ısınma koruması sağlar [1,2].

3.2. Sifon Çalışma Operasyonu

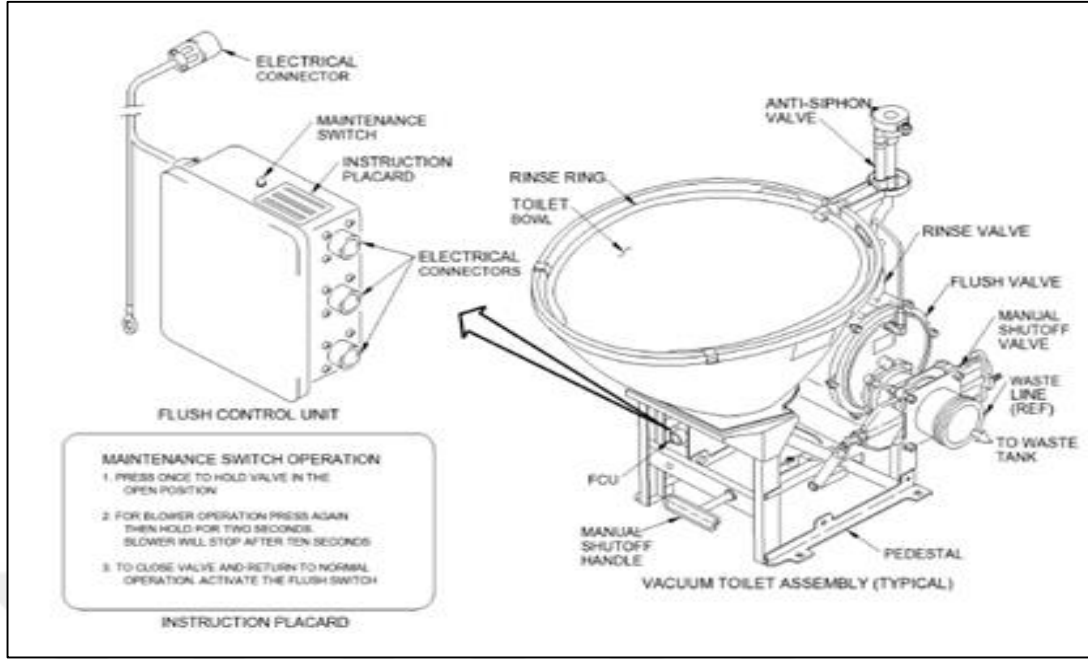
Sifon kontrol ünitesi (FCU), lojik kontrol modülünden (LCM) tuvalet temizleme bileşenlerini çalıştırmak için etkin bir sinyal alır. LCM, atık tankı dolu olmadığında etkinleştirme sinyalini FCU'ya gönderir.

Yıkama düğmesine bastığınızda ve FCU etkinleştirir ve yıkama döngüsü başlar.

FCU, yıkama sırasında aşağıdaki bileşenlerin çalışmasını kontrol eder;

- Vakum blower
- Durulama valfi
- Sifon valfi

Yukarıda anlatılan ekipmanlar Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Sifon kontrol ünitesi ve tuvalet sehpası

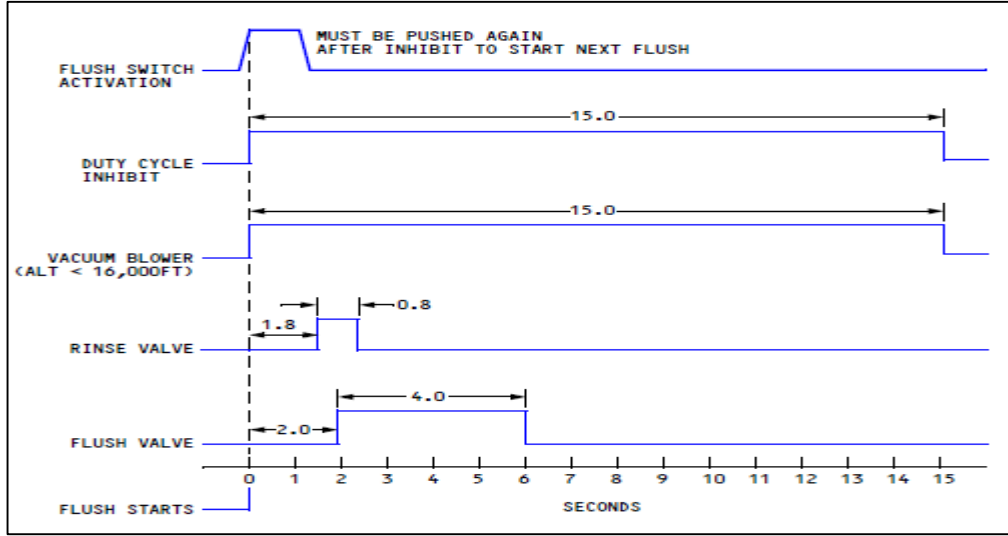
FCU, sifon düğmesine bastıktan sonra tekrar bir sinyal göndermeyi ve yıkama döngüsünü engellemeye başlar. Görev döngüsü engellenmesi, bir sonraki 15 saniyeye kadar sifon düğmesine başka bir girişi önler.

FCU ayrıca vakum bloweri çalıştırmak için bir sinyal gönderir. Vakum blower, uçak 16.000 feet'in altındaysa ve atık boşaltma valfi kapalıysa çalışır. FCU, vakum blower sinyalini 15 saniye boyunca gönderir.

FCU, yıkama çevrimi başladıktan 1.8 saniye sonra durulama valfini açar. Durulama valfi 0,8 saniye açık kalır. Bu süre zarfında 160 ml içme suyu klozet içerisine girer. FCU daha sonra durulama valfini kapatır.

Yıkama döngüsü başladıktan iki saniye sonra, FCU, sifon vanasını açar. Tuvalet atıklarını boşaltmak için sifon valfi dört saniye boyunca açılır. FCU daha sonra sifon valfini kapatır.

Vakum blower 9 saniye daha çalışmaya devam eder. Görev döngüsü engellenmesi sona erdikten sonra, FCU başka bir yıkama döngüsüne hazırdır [1,2]. Yıkama döngüsü Şekil 3.7'de gösterilen grafikteki gibi anlatılmıştır.



Şekil 3.7. Temizleme döngüsü

3.3. Tuvaletin Temizlenme Döngüsü

Yıkama döngüsü, sifon anahtarından bir başlama sinyali ile başlar. Her yıkama döngüsünde aşağıdaki adımlar tamamlanır.

- I. Klozetin durulanması için durulama valfi açılır.
- II. Durulama valfi kapanır.
- III. Tuvalet içeriğini boşaltmak için boşaltma vanası açılır.
- IV. Yıkama vanası kapanır [1,2].

Uçaklar için tuvalet tam anlamıyla, vakumlu yıkama ve atık depolama sistemi olarak tanımlanır. Burada gerekli vakum, uçak kabin basıncı ile atık tankı basıncı arasındaki basınç farkı kullanılarak elde edilir. Uçak 16.000 feet'in üzerinde ise bu fark basıncından yararlanır. Uçak bu rakımın altında veya yerde olduğunda, tuvalet temizliği için gerekli olan çekim kuvveti vakum blower tarafından sağlanır.

Yıkama anahtarının çalıştırılması, sifon kontrol cihazına (FCU) bir sinyal gönderir. FCU, klozetin yıkanması için su sağlamak üzere durulama valfini açar. 0.8 saniye sonra, FCU, durulama valfini kapatır. Her durulama işleminde 5.5 ons içme suyu kullanılır. FCU, daha sonra tuvalet atıklarının tuvaletten boşalmasını sağlamak için yıkama vanasını dört saniye açar. Boşaltma vanası daha sonra kapanır.

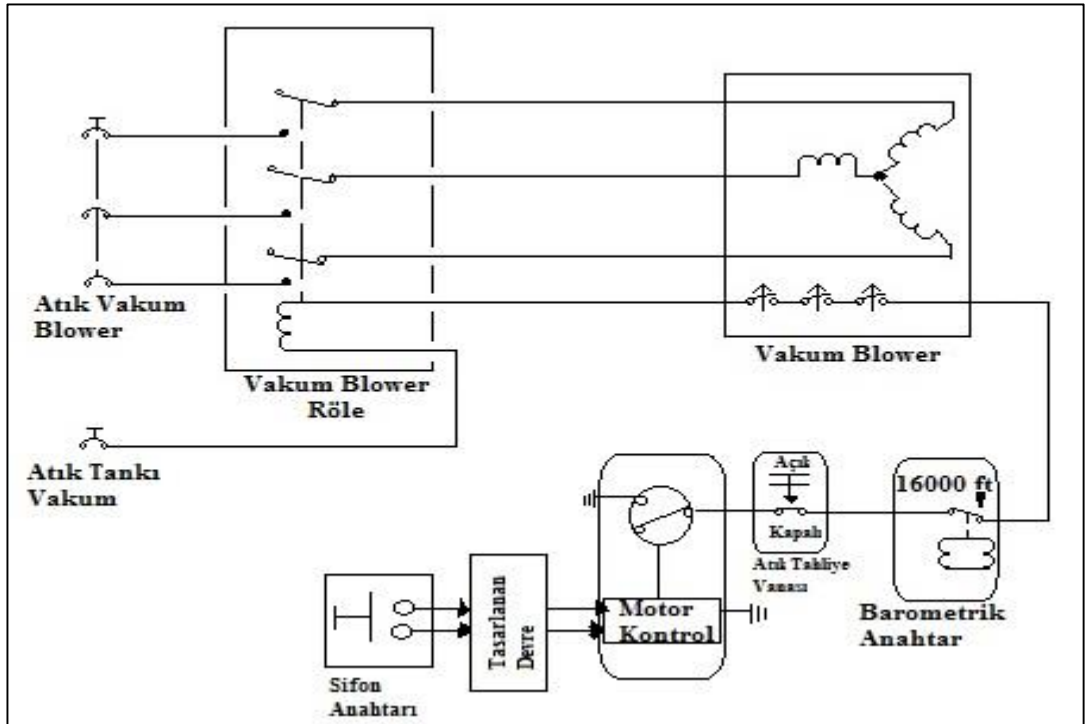
En az suyla maksimum temizlik için tuvaletlerde vakum sistemi kullanılır.

Düğmeye basıldığı an vakum sistemi saatte 160 kilometre hızla her şeyi içine çeker ve bu iş için sadece bir bardak su harcanır. Uçağa yüklenen suyun üçte biri sifon sistemi tarafından kullanılır.

Yıkama düğmesine basıldığında, yıkama kontrol ünitesi bir manometre kullanarak uçağın yüksekliğini kontrol edilir. Daha sonra, klozetin durulması için az miktarda suyun çıkması için su valfi açılır. Son olarak, yıkama valfi atık maddeyi boşaltmak için açılır.

Yaklaşık 15.000 feet'in üzerinde, kabin basıncı ile tuvaletin yıkanması için gereken emme kuvvetinin oluşturulmasına yardımcı olan atmosferik basınç arasında yeterli bir fark basıncı olur. Hava her zaman yüksek basınçlı bir bölgeden düşük basınçlı bir bölgeye akar. Yıkama vanası açıldığında, tuvalet içerisi uçağın kabin basıncına maruz kalır. Bunu yaparken, hava yolunu tıkayan atık maddeyi atık tankına iter ve tuvalet temizlenmiş olur.

Bununla birlikte, uçak gerekli yüksekliğin altında olduğunda veya yerdeyken, bir vakum blower, atıkları klozetten çekip temizlemek için gereken emme basıncını sağlar [1,2].



Şekil 3.8. Tuvalet vakum sistemi elektrik şeması [1, 2]

4. TUVALET SİSTEMİNİN GÜVENLİK AÇIĞINDAN KAYNAKLI KAZALAR, ALINAN ÖNLEMLER VE KAZALARIN MALİYETİ

4.1. Kazalar ve Alınan Önlemler

2002’de Amerikan Havayolları’nın San Fransisco-Denver arasındaki uçuşta yaşanan olayda bir yolcu klozette otururken sifon düğmesine bastığında çalışmaya başlayan vakum sistemi nedeniyle klozette sıkışmıştır. Tuvalette yaklaşık 1 saat mahsur kalan yolcu için rota üzerindeki ilk havalimanına acil iniş gerçekleştirilmiş ve yolcu, teknik ekibinin müdahalesiyle kurtarılmıştır [5].

Bu olay üzerine uçak tuvaletlerinde güvenlik açığının olduğu ortaya çıkmış ve üretici firma yeni çözümler bulmak için araştırmalara başlamıştır. Uygulanan ilk çözüm klozet oturma parçasının yapısında değişiklik yaparak, sistemde hava boşluğu oluşturup yolcunun maruz kalabileceği vakum etkisini ortadan kaldırmak şeklindedir.

Çözüm olarak Şekil 4.1’de görüldüğü gibi uygulanan sistemde ön kısmında bir boşluk bırakılmıştır.



Şekil 4.1. Uçak klozet örnekleri

2011 yılında Antalya'dan Rusya'ya giden bir uçakta yaşanan bu olay yine tuvalette alınan koruyucu önlemlerin tam anlamıyla etkili olmadığı ortaya çıktı. Rusya tescilli uçak Antalya havalimanından havalandıktan bir süre sonra tuvaleti kullanan 12 yaşlarındaki bir çocuk klozete sıkışmıştır. Çocuğun kurtarılması için uçak hemen rotasından sapıp Giresun'a acil iniş gerçekleştirmiştir. Daha sonra çocuk teknik ekip tarafından kurtarılıp, olayın sebebi araştırıldığında güvenlik amaçlı oluşturulan boşluğu çocuğun bacaklarının kapattığı anlaşılmıştır.

Bu olay üzerine üretici firma tarafından sıkışmaları önleyebilmek için bazı yeni tedbirler alınmıştır. Önlem olarak, klozete otururken sifon düğmesine (flush) basmayı zorlaştırmak adına sifon düğmesinin (flush) yeri değiştirilmiştir. Fakat Şekil 4.2'de görüldüğü gibi tuvaletin küçüklüğünden dolayı sifonun yerinin değişmesi kesin sonuç vermemektedir.



Şekil 4.2. Sifon konum örnekleri

Bahsedilen kazalarda görüldüğü gibi alınan önlemler tam anlamıyla güvenliği sağlamış değildir. Bu nedenle bu çalışmayla yaşanan sorunun üstesinden gelinebileceğini sağlayacak sensör barındıran bir kontrol sistemi tasarlanmıştır.

4.2. Kazaların Havayolu Şirketlerine Maliyeti

Yaşanan kazalar sadece insan sağlığı ve uçuş güvenliği açısından sorun teşkil etmemektedir. Maliyet açısından da hava yolu şirketleri için yüksek maliyetlere neden olmakta ve şirket adını büyük bir şekilde zedelemektedir. Havacılık sektöründeki ufak görünen hataların büyük maliyetlere sebep olduğu ve havacılık sektöründeki her türlü giderin yüksek maliyetli olduğu bilinmektedir.

Maliyet ve parasal kayıplara ek olarak yaşamış olduğumuz dünyamızın hızla yok olduğu bir dönemde uçakların yüksek oranda fosil yakıt tüketiminden dolayı atmosferimiz yok olmaktadır. Yaşanan kazaların maliyet hesaplaması yapabilmek için verilerin anlaşılabilir olması adına 60 tonluk bir uçak ve 180 yolcuyla tam dolu bir uçuş gerçekleştirilmektedir.

Yaşanan kazalarda havayolu şirketlerine yansıyan maliyet hesaplaması Tablo 4.1’de gösterilmiştir [4,6].

Tablo 4.1. Uçuş maliyet hesaplama verileri

	Zaman	Uçuş Ekibi	Yolcu Sayısı	Yakıt Litre-kg	Yakıt Masrafı	Uçuş Ekibi Masrafı	Bakım Masrafları	Kişi başı Vergi	TOPLAM
İstanbul/Giresun	90 dk	6	180	4100lt 3280kg	2132 \$	1100 \$	350 \$	10 \$	6000 \$
Antalya/Giresun	60 dk	6	180	3300lt 2640kg	1716 \$	650 \$	350 \$	10 \$	5000 \$

San Fransisco - Denver arası uçuşun veri analizini yapabilmek adına İstanbul-Giresun uçuşu baz alınmıştır. İstanbul-Giresun uçuşu hesaplanacak olursa; direkt uçuş ile yaklaşık 750 km. dir. Fakat kalkış ve inişte uygulanacak prosedürlerden dolayı 800-850 km’ye ulaşmaktadır ve zaman olarak da 90 dakikadır. Zaman kavramı da ekibin saat planlaması ve maliyeti açısından önemli bir parametredir. Bu kaza Amerikan Havayollarına altı bin dolara mal olmuştur.

Basit olarak görünen bir güvenlik açığının neden olduğu kaza, hava yolu şirketlerine çok büyük masraflara sebep olmaktadır [4,6].

5. TUVALET SİSTEMİNDE GÜVENLİĞİN SAĞLANMASI İÇİN OLUŞTURULAN DÜZENEKLER

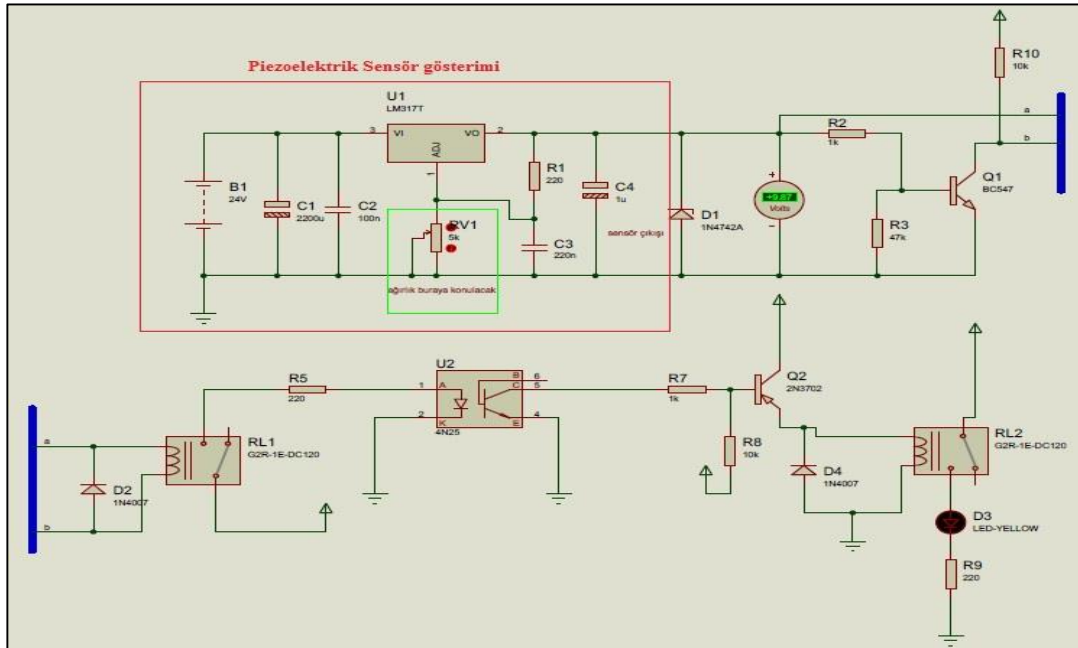
Uçak tuvaletlerinin temizliğinde kullanılan vakum sisteminin yolcu sağlığını tehlikeye düşürmemesi için bir kontrol sistemiyle güvenliğin sağlanması gerekmektedir. Kontrol sistemleri sensör verilerine dayanan elektronik devrelerden oluşur.

Yapılan çalışmada ilk olarak son yıllarda kullanım alanı oldukça genişleyen piezoelektrik sensörünün yer aldığı bir sistem oluşturulmuştur.

5.1. Piezoelektrik Sensörü Kullanılan Kontrol Sistemi

Piezoelektrik sensörlerinin iki farklı kullanım şekli vardır. Bunlardan biri sensöre uygulanan basıncın gerilime dönüşmesi ve verinin değerlendirilmesi diğeri ise sensöre uygulanan gerilimin etkisiyle sensörde meydana gelen şekil değişikliğinin değerlendirilmesi şeklindedir.

Yapılan çalışmada sensörün maruz kalacağı basınca karşılık üreteceği gerilim değerlendirilmiştir. Oluşturulan sistem Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Piezoelektrik sensör kullanılan kontrol sistemi

Tasarlanan devrenin çalışma şekli şöyledir;

Klozet kapağı altına yerleştirilen piezoelektrik sensör üzerine basınç uygulandığı takdirde sensör üzerinde bir gerilim oluşacaktır ve oluşan gerilimle şekil 5.15’de gösterilen sifon düğmesiyle vakum motoru arasına yerleştirilen devre tetiklenerek motor devresinin çalışmasını engelleyecektir.

Tasarlanan bu devre güvenliği sağlamasına rağmen piezoelektrik sensörünün işlev olarak kullanımının bir kazancı olmadığı görülmüştür. Çünkü sensör basınç değişiminde gerilim üretmektedir. İstenen amaca yönelik bir tasarım olmayacağı anlaşıldığından ikinci olarak farklı bir sensör kullanımına geçilmiştir. Tasarlanan ikinci devre rezistif kuvvet sensörü (FSR) içeren kontrol devresidir.

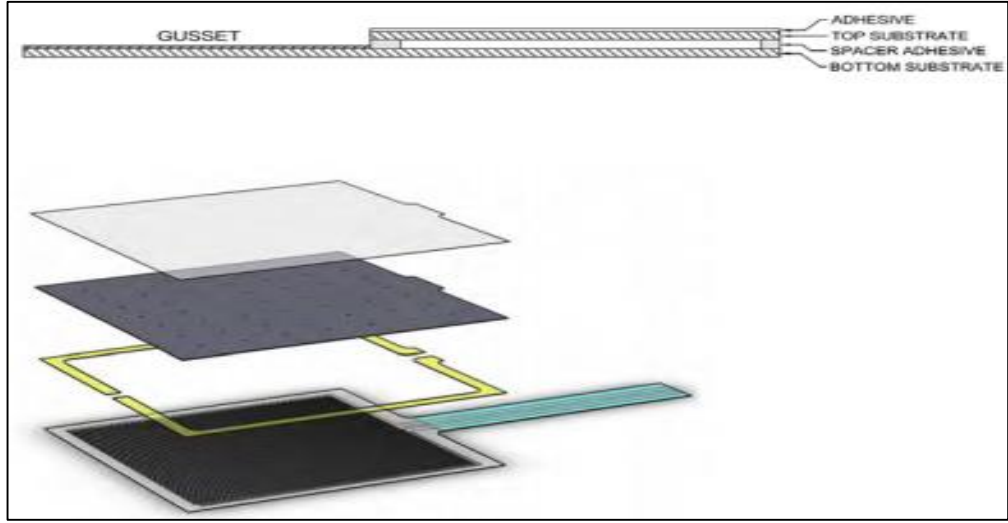
5.2. Rezistif Kuvvet Sensörü (FSR) Kullanılan Kontrol Sistemi

Rezistif kuvvet sensörü, üstüne bir kuvvet uygulandığında direnci değişen bir eleman olup basıncı, sıkışmayı ve ağırlığı ölçmeye yarayan sensörlerdir [11, 14, 21, 29, 30].

Kuvvet sensörü, üzerine bir kuvvet veya basınç uygulandığında, direnci değişen bir materyal olup fiziksel basıncı, sıkışmayı ve ağırlığı ölçmeye yarayan sensörlerdir [29,30].

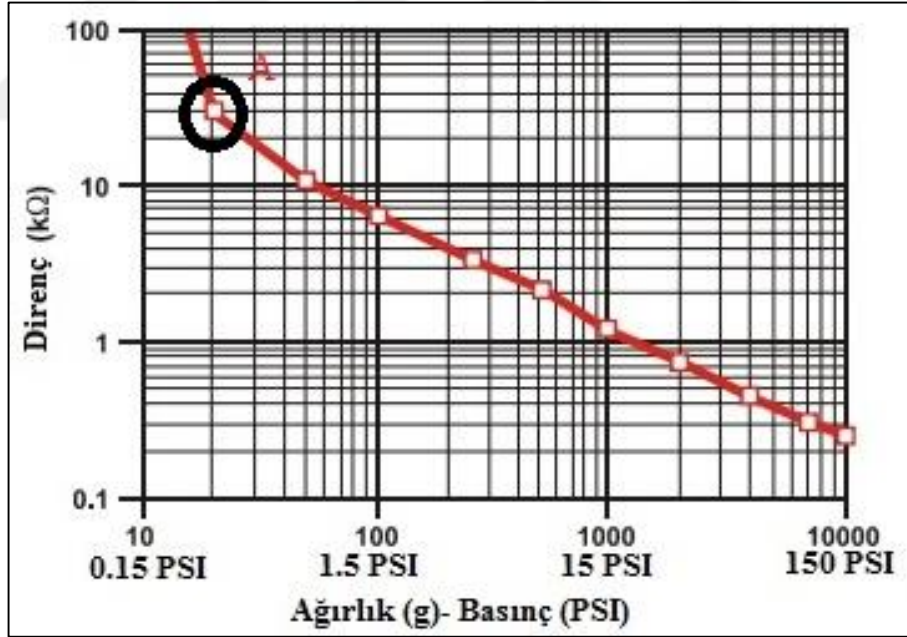
Kuvvet sensörleri, yüzeyine uygulanan kuvvetten yola çıkarak direncini değiştiren kondüktif polimerden meydana gelir. Genelde yüzey taramasında kullanılan bir polimer tabaka veya mürekkep olarak beslenirler. Algılayan tabaka, elektriksel iletken ve yalıtkan parçacıklardan oluşur. Bu tabakanın üzerine kuvvet uygulamak, parçacıkların iletken elektrotlara temas edip tabaka direncini düşürmesine neden olur.

Bütün direnç esaslı sensörlerde olduğu gibi, FSR, basit bir ara yüze ihtiyaç duyar ve normal koşullar altında rahatça çalışabilir. Diğer kuvvet sensörleri ile karşılaştırıldığında kuvvet sensörlerinin avantajı, boyutu (kalınlığı 0.5 mm’den az), düşük maliyetli olması ve iyi bir şok direncine sahip olmasıdır [7].



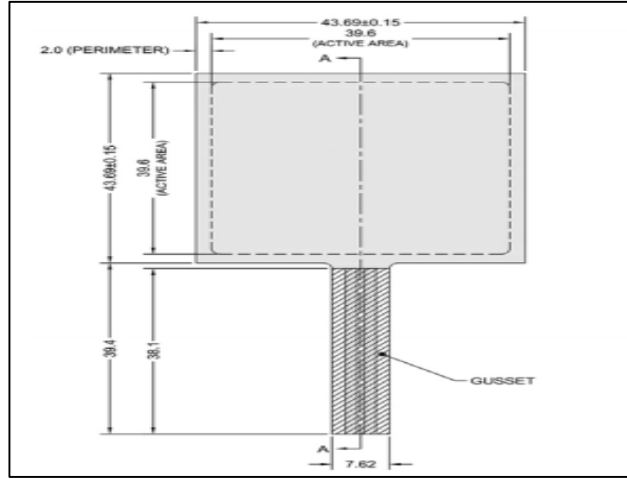
Şekil 5.2. Kuvvet sensörü iç yapısı

Kuvvet sensörleri aktif yüzeye uygulanan kuvvette bir artış ile dirençte bir düşüş sergileyen polimer kalın bir film cihazıdır. Kuvvet sensörleri bir yük hücresi veya gerilme göstergesi değildir, ancak benzer özelliklere sahiptirler.



Şekil 5.3. Kuvvet ve direnç grafiği

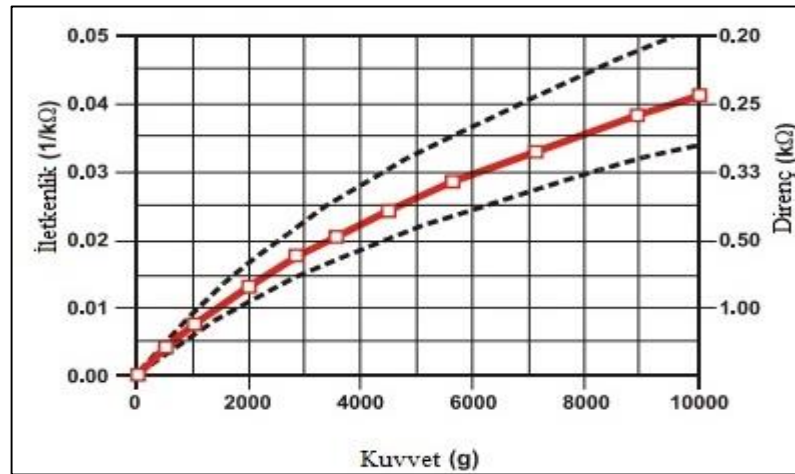
Şekil 5.3'de gösterilen kuvvet-direnç özelliği, rezistif kuvvet sensörleri tipik tepki davranışına genel bir bakış sunar. Yorumlama kolaylığı için, kuvvet direnci verileri bir log / log üzerine çizilir. Rezistif kuvvet sensörünü harekete geçirmek için kenarları 39.6 mm uzunluğunda kare şeklinde 60 mm'lik poliüretan kauçuklu paslanmaz çelik bir aktüatör kullanılmıştır [31].



Şekil 5.4. Rezistif kuvvet sensörü fiziksel yapısı

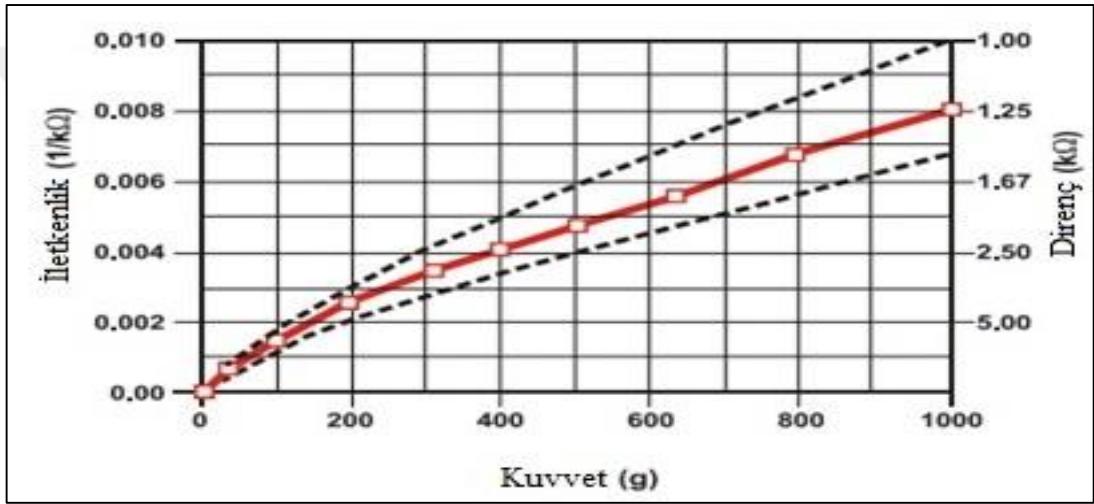
Şekil 5.3'e istinaden, kuvvet direnci karakteristiğinin düşük kuvvet ucunda, bir anahtar benzeri tepki vardır. Direnci 100 kΩ'dan 30 kΩ'a döndüren bu açma eşiği veya "kırılma kuvvetini" alt tabaka, kaplama kalınlığı ve esnekliği belirler. FSR sensörler ağırlığın değişimiyle direncin değişme prensibine göre çalışmaktadır ve sensör üzerine uygulanan ağırlıktan hemen sonra direncin değiştiği nokta Şekil 5.3'te işaretlemiş 'A' noktası kırılma kuvveti olarak adlandırılmaktadır.

Aktüatörün boyutu, şekli ve aralayıcı-yapışkan kalınlığı (birbirine bakan iletken elemanlar arasındaki boşluk) gibi faktörler direnci belirler. Kırılma kuvveti artan alt tabaka, kaplama sertliği, aktüatör boyutu ve ara tabaka yapışkan kalınlığı ile artar. Yapıştırıcıyı ortadan kaldırmak veya kuvvetin uygulandığı alandan uzak tutmak, daha düşük bir dayanma direnci sağlayacaktır [31].



Şekil 5.5. Kuvvet-iletkenlik grafiği

Doyma basıncı, sensör üzerinde belirlenen basınç değeri üzerinde basınç uygulandığı takdirde aynı değeri vermektedir ve basıncın değişiminin doyma basıncı sınırından sonra anlamı kalmamaktadır. Tipik bir rezistif kuvvet sensörünün doyma basıncı, 100 ila 200 psi arasındadır. Şekil 5.3’de gösterilen veriler için, gerçek ölçülen basınç aralığı 0 ila 175 psi’dir. Doyma kuvvetinden daha yüksek kuvvetler, kuvvetin daha büyük bir alana yayılmasıyla ölçülebilir. Genel basınç daha sonra doyma noktasının altında tutulur ve dinamik tepki korunur. Bununla birlikte, bu etkinin tersi de doğrudur. Daha küçük aktüatörler, rezistif kuvvet sensörlerini dinamik aralık içinde daha erken doyururlar çünkü doyma noktasına daha düşük bir kuvvetle ulaşılmaktadır [7,31].



Şekil 5.6. Kuvvet-iletkenlik grafiği

5.2.1. Sensörü kullanmak için kullanılan mikro işlemci birimi

Kurmuş olduğumuz devrede kontrolör olarak arduiona uno kullanılmıştır. Aşağıda arduino uno aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Arduino, açık kaynak kodlu yazılım ve donanım bulunduran bir mikro denetleyici platformudur. Arduino'nun kökeni Wiring ve Processing projelerini esas almaktadır. Wiring ile Arduino'ya ilham veren Wiring platformu Ivera Tasarım Enstitüsü'nde Hernando Barragan tarafından 2003 yılında tasarlanmıştır. Wiring, tek bir bord, bir programlama dilinin birleşiminden oluşan açık kaynak kodlu elektronik prototip tasarlama platformudur [36].

İtalya'nın Ivrea şehrindeki İnteraktif Tasarım Enstitüsünde yüksek lisans yapan Hernando Barragan'ın yüksek lisans tezi olan Wiring, Processing projesini esas alarak

kolay bir şekilde interaktif sistemler geliştirilebilmesini kolaylaştırmak amacıyla geliştirilmiştir [39].

Processing ise, Ben Fry ve Casey tarafından 2001’de geliştirildi [36]. Arduino projesi, Massimo Banzi önderliğinde bir ekip tarafından Wiring baz alınarak üretildi [37].

Arduino, Wiring adı verilen açık kaynak kodlu bir yazılım ve mikro denetleyici bölümlerinden oluşan elektronik denetleme projesi olarak Ivrea İtalya’da 2005 yılında başlamıştır. Sistemin ismini Ivrea kasabasının tarihi karakteri olan Iverealı Arduin’den almıştır. Aynı zamanda, Arduino, İtalyanca’da, güçlü arkadaş anlamını da karşılamaktadır [35]. Kurucuları, sistemi öğrenci yapımı ve tasarımı projelerde kullanılabilen ucuz yazılım-donanım platformu olması amacıyla üretmeye başladıklarını açıklamışlardır [35,39].

5.2.1.1 Arduino uno

Donanımsal Özellikleri, Atmel marka Atmega328p modellenen mikrodenetleyici ailesini temel alan bir mikrodenetleyici kartıdır. Toplamda 14 tane dijital giriş çıkış portu bulunmaktadır ve bunlardan 6 tanesi darbe genişlik modülasyonu (pwm) çıkışı olarak kullanılmaktadır. Her bir port 5V ile çalışır ve 40 mA akım çeker. Portlar sayısal analog dönüşüm işlemlerinde kullanılır [31,39].

Arduino Uno 6 adet analog girişe sahiptir ve bunlar 32 KB program hafızasına, 1 KB elektronik yazılabilir programlanabilir okunabilir hafızasına (EEPROM, Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory), 2 KB durağan rastgele erişimli bellek (SRAM, Static Random Access Memory), 1 adet USB girişine, birer adet besleme ve reset devresine sahiptir. Çevresel birimlerle haberleşmek için evrensel asenkron alıcı/verici (UART, Universal Asynchronous Receiver Transmitter), seri çevre arayüzü (SPI, Serial Peripheral Interface) gibi seri haberleşme protokollerini kullanır [31]. Arduino’nun 10, 11, 12, 13 pinleri, seri çevre arayüzü (SPI, Serial Peripheral Interface) kütüphanesini kullanarak seri çevre arayüzü (SPI, Serial Peripheral Interface) haberleşmesini sağlayan pinlerdir [36]. Şekil 5.7’de Arduino Uno’nun görüntüsü verilmiştir [31].



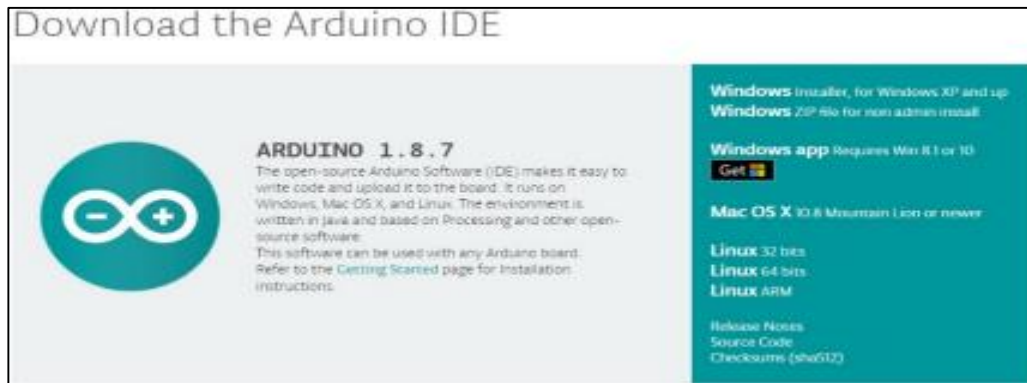
Şekil 5.7. Arduino uno

5.2.2. Arduino Ide programı ve kurulumu

Tüm Arduino sürümlerinin programlanması için, Arduino IDE denilen bir programlama ve geliştirme ortamı bulunmaktadır. Windows, Linux ve Mac platformlarında çalışabilir.

Kurulumun güncel sürümüne <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> adresinden ulaşılmaktadır.

Şekil 5.8’de Arduino IDE kurulumu indirme sayfası bulunmaktadır. Sağ tarafta bulunan işletim sistemi listesinden uygun olan IDE programı tercih edilir ve bilgisayara kurulur [39].



Şekil 5.8. Arduino ide

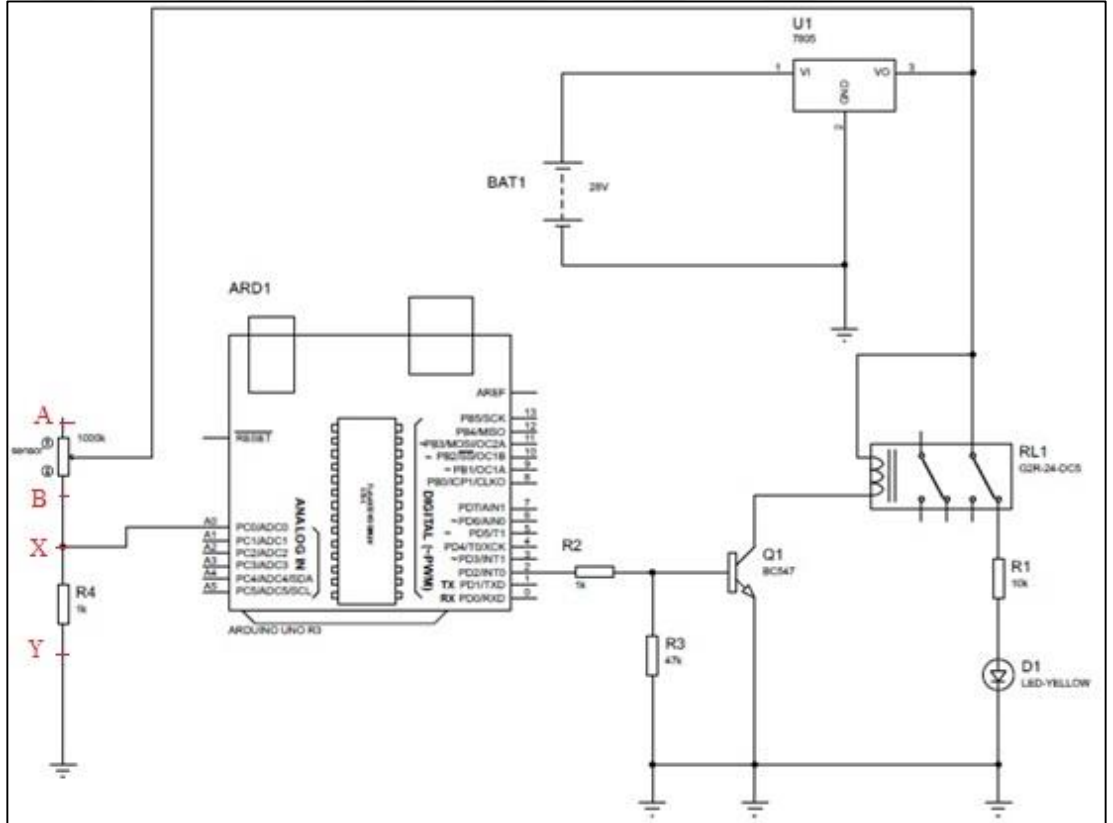
5.2.3. Arduino programlama dili ve temel komutlar

Program, var olan bir problemi çözebilmek amacıyla herhangi bir bilgisayar dili kullanılarak yazılmış olan komutlar dizisidir. Arduino yazılım ortamı C/C++ yapısını tercih eden bir platformdur.

5.3. Tasarlanan Sistem

Rezistif kuvvet sensörüyle tasarlanan devrede şu elemanlar kullanılmıştır;

1. Rezistif Kuvvet sensörü
2. Arduino Uno Mikrodenetleyici kartı
3. Atmega 328p mikro işlemci
4. Transistör
5. 7805 Entegre
6. Röle
7. Led
8. 1 Ω ,10 Ω ve 47 Ω dirençler



Şekil 5.9. Kurulan devre şeması

Şekil 5.9’da gösterilen devre şu şekilde çalışmaktadır;

Kurulan devrenin uçak üzerinde uygulanabilmesi için uçağın 28 V’luk güç kaynağını 5 V’la çalışan devreye bağlayabilmek için 7805 entegresi kullanılarak regülatör devresi uygulanmıştır. Kurulan devrede sensörün üstüne basıldığında direnci

azalmaktadır. Sistemin güvenlik açısından önleyici olması adına belirli bir ağırlıktan itibaren çalışması gerekmektedir. Bu yüzden alt limit olarak klozet kapak ağırlığı baz alınmıştır.

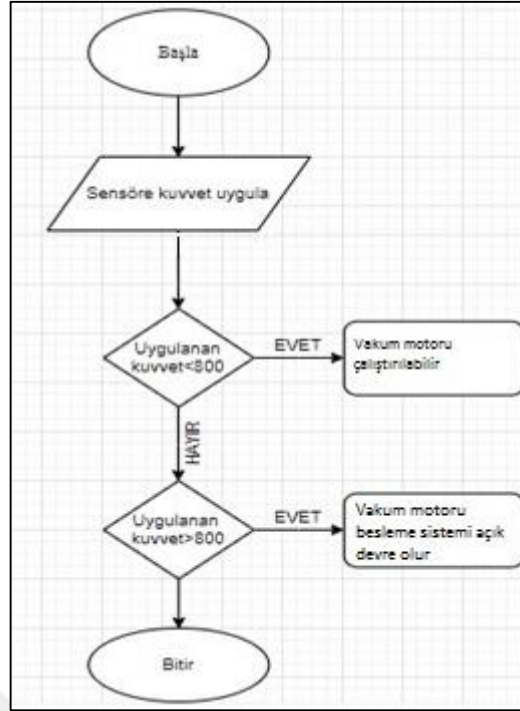
Klozet kapak ağırlı 700 gr ölçülmüş ve serbest düşüş gösterdiği takdirde 1 kg lık ağırlığa denk geldiği tespit edilmiştir.

Sensör üzerine uygulanan 1kg ağırlıkta sensörün direncinin 330 ohm'a kadar düştüğü görülmektedir. Kurulan devrede, devre bölücü mantığı kullanılarak 1 k'lık referans direnç kullanılmıştır. Gerilim bölücü devrede sensör üzerinde 4.93 V görülürken referans direnç üzerinde (eşik değeri) 0.7 V gerilim görülmektedir.

Kullanılan atmega 328p mikro işlemcinin analog dijital çeviricisi (ADC ,Analog to Digital Converter) 10 bit kanallıdır (hassasiyetli). Mikroişlemci hassasiyeti 2^{10} olarak hesaplanarak 1024 hassasiyetle çalıştığı belirlenir.

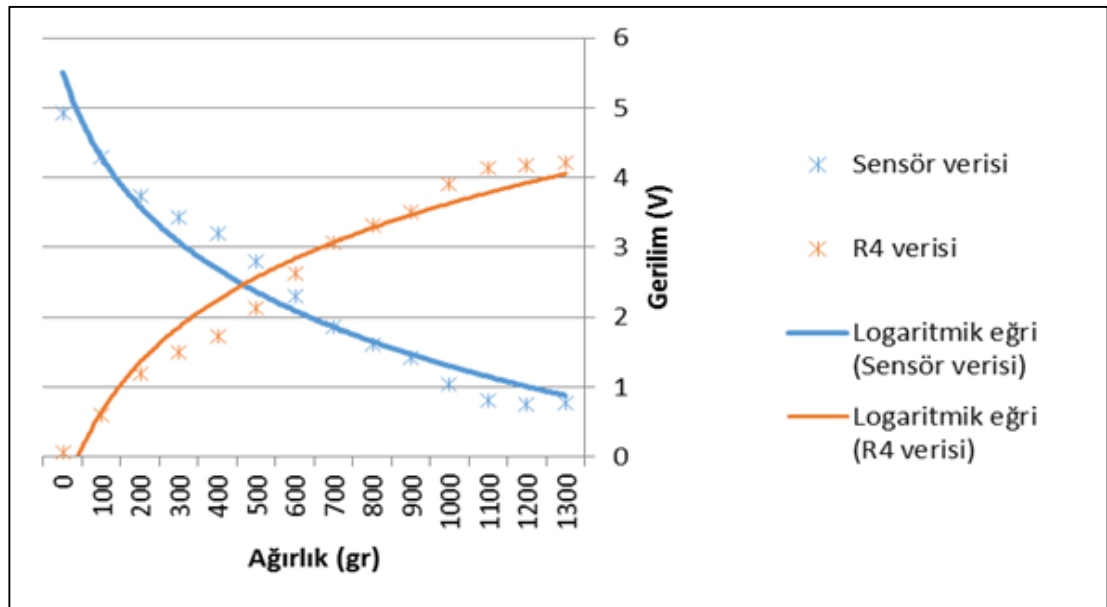
Devre 5 v luk gerilimle beslenmektedir. Her bir kanal için $5000/1024 = 4.88$ mV gerilim çıkmaktadır. 5000 mv da 1024 hassasiyetle çalışmaktadır. 1 kg karşılığında A0 bacağında 3,9 V çıkış alındığı tespit edilmiştir. $3900/4,88$ 'den 1kg karşılığı arduinonun hassasiyeti 800 çıkmaktadır. Arduino IDE programıyla 800 hassasiyete göre ayarlandığı takdirde sistem istenilen şekilde çalışmaktadır. Devre de kullanılan Arduino uno için kendi programlama dili olan Arduino IDE kullanılmıştır. Programlama dilinde yazılan komutların ve devrenin çalışma mantığı Şekil 5.10'daki akış diyagramıyla anlatılmıştır.

Şekil 5.9'da gösterilen tasarlanan devrede gerilim bölücü mantığı kullanılmıştır. Sensör ile 1 Ω direnç olan R4 gerilim bölücü mantığıyla yerleştirilmiştir. Bu mantık çerçevesinde sensör üzerindeki gerilim ağırlıkla ters orantılı azalırken R4 (1 Ω direnç) üzerindeki gerilim yani A0 işlemci besleme bacağı üzerindeki gerilim artmaktadır.



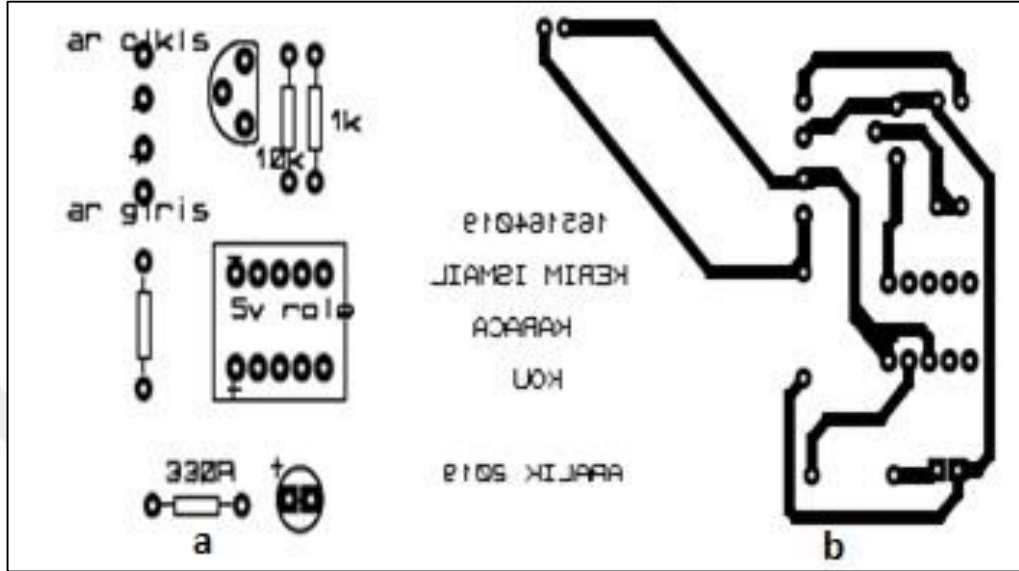
Şekil 5.10. Kurulan devrenin çalışma akış diyagramı

Şekil 5.11’de gösterilen ağırlık-gerilim grafiğinde, tasarlanan devrede kullanılan sensör çıkışı üzerinde 0 ile sınır değeri olan 1000 gr ağırlık değerleri arasındaki gerilim değişimi Şekil 5.9’da gösterilen A-B noktalarından (sensör çıkışından) ölçümü ile gösterilmiştir. İşlemci besleme bacağı (A0) üzerindeki gerilim Şekil 5.9’da gösterilen X ve Y noktaları arasından ölçülmüştür ve şekil 5.11’de gösterilmiştir.



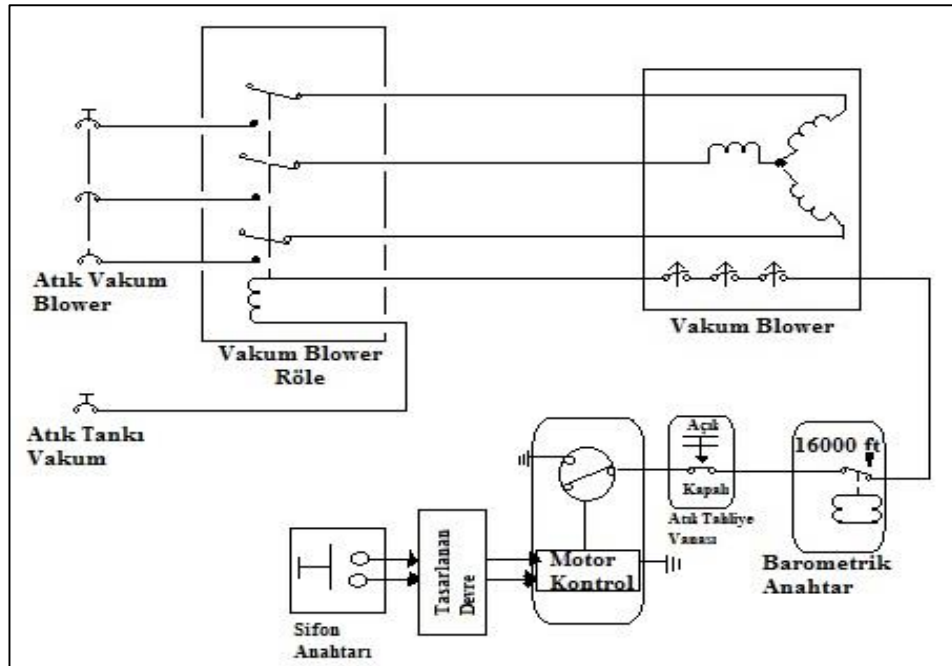
Şekil 5.11. Ağırlık-gerilim grafiği

Kurulan devre test edilip çalıştıktan sonra bakır plakete üzerine aktarılarak prototipi oluşturulmuştur ve bakır plakete aktarılmak için aşağıdaki Şekil 5.12’de gösterilen baskı devresi ve üstten görünümü kullanılmıştır.

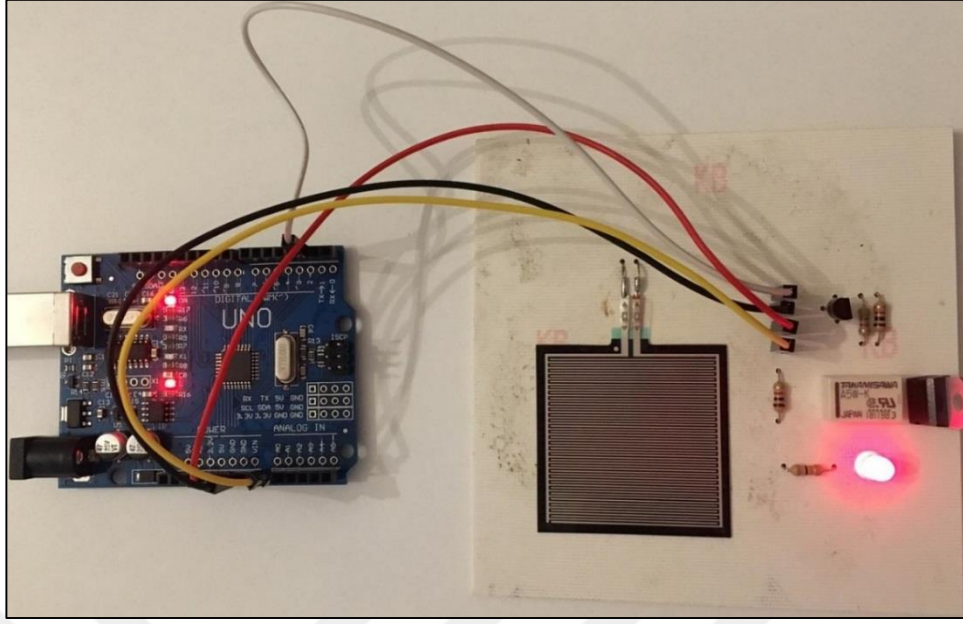


Şekil 5.12. Devrenin üstten görünümü ve baskı devre hali

Şekil 5.14’de fotoğrafı olan tasarlanan sistem uçak tuvalet sistemine Şekil 5.13’de gösterilen flush switch ile vakum blower control arasında eklenerek istenilen kontrol sağlanacaktır.



Şekil 5.13. Tasarlanan devrenin uçak tuvaleti sisteminde ekleneceği yer

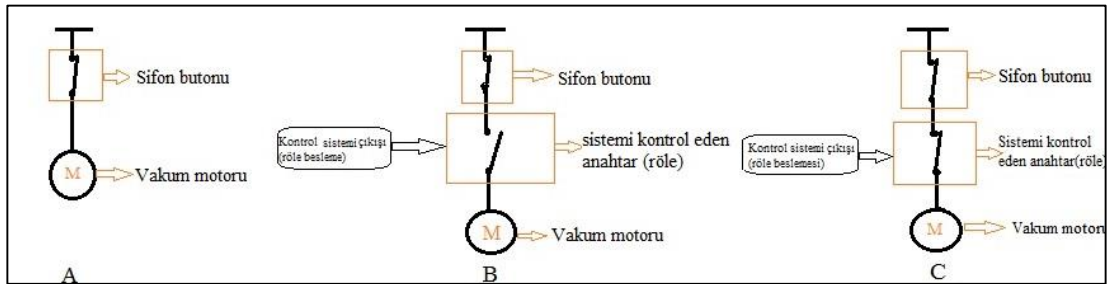


Şekil 5.14. Tasarlanan sistem

Şekil 5.15'te gösterilen A şeklinde uçak üzerinde var olan sistemin temsili gösterimidir. B ve C şekli ise tasarlanan devrenin uçak tuvalet vakum sistemine eklenmiş halidir.

B şeklinde, sensör yerleştirilmiş sifon kapağına 1000 g ve üzerinde ağırlık uygulandığında sifon butonuna basılsa bile tasarlanan sistem devreye girerek sistem üzerindeki röle devreyi açık konuma getirerek vakum motorunu çalıştırmayacağı gösterilmektedir. Bu prensiple yapılan çalışma, tuvaleti kullanan yolcuların tuvaleti sorunsuz kullanmasına ve bakım esnasında bakım yapan kişilere güvenlik sağlayacaktır.

C şeklinde ise sensör yerleştirilmiş sifon kapağının üzerinde ağırlık olmadan ya da 1000 g altında ağırlıkla sifon butonuna basıldığında tuvalet vakum sisteminin çalışacağı gösterilmiştir.



Şekil 5.15. Sistemin uygulama şekli

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Uçaklarda yaşanabilecek yolcu sağlığını tehlikeye sokacak her sorun dikkate alınması ve çözülmesi gereken olaylardır. Aksi takdirde hem yolcu zarar görecektir hem de firma güvenilirliği zedeleneyecek hem de uçuş trafiği aksayacaktır. Tüm bunların maddi karşılığı da bulunmaktadır. Yapılan araştırma sonucunda tuvalet vakum kazalarına yönelik alınan tedbirlerin yeterli olmadığı görülmüştür. Bu nedenle yolcunun klozette otururken vakum motorunun çalışmasını engelleyen ve klozetten kalktıktan sonra normal çalışma döngüsüne geçebilen sistemin gerekliliği ortaya konmuştur. Yapılan çalışma, uçaklarda yaşanmış olan ve gereken güvenlik sağlanamadığından tekrar yaşanabilecek klozet sistemi sorununu gidermeye yönelik faydalı model çalışmasıdır. Tasarlanan elektrikli kontrol devresi sayesinde klozet üstündeki ağırlığın 1000gr üstü olması durumunda kontrol devresi içinde barındırdığı röle ile vakum motorunun enerji girişine bağlanacak anahtar açık konuma getirilerek devrede enerji akışını kesmiş olacak ve böylece sistemin güvenilir şekilde işlemesi sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Airbus Aircraft Maintenance Manual Part 2/ chapter 27,28,38,72,78, 2019.
- [2] Boeing Aircraft Maintenance Manual Part 1/ chapter 27,28,38,72,78, 2019.
- [3] Total Training Support Part 66 Module 11, Module 13.
- [4] Airkule, Benim Havayoluna Maliyetim Nedir, <https://www.airkule.com/yazar/benim-havayoluna-maliyetim-nedir/132> (Ziyaret Tarihi: 15 Kasım 2019).
- [5] Kokpit Aero, Uçak Tuvaleti Sifonu İnsanı Çekecek Kadar Kuvvetli Mi, <http://www.kokpit.aero/ucak-tuvaleti-sifonu-insani-cekecek-kadar-kuvvetli-mi> (Ziyaret Tarihi: 08 Eylül 2019).
- [6] Yeni Şafak, Uçakların Havada Attığı Gereksiz Turlar, Haberler, <https://www.haberler.com/ucaklarin-havada-attigi-gereksiz-turlar-3-10139323-haberi> (Ziyaret Tarihi: 10 Eylül 2019).
- [7] Işık-Fadıloğlu A., Sensör Çeşitleri, Robotik Alanda Kullanılan Sensörler Ve FSR Sensör Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 2013, 352054.
- [8] Yüksel İ., Otomatik Kontrol: Sistem Dinamiği ve Denetim Sistemleri, *Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayını*, 2006.
- [9] Pohanka M., Oto P., Petr S., Rapid Characterization of Monoclonal Antibodies Using The Piezoelectric Immunosensor, *Sensors* 7, 2007, **3**, 341-353.
- [10] Kretschmar M., Scott W., Lion P., Capacitive and Inductive Displacement Sensors, *Sensor Technology Handbook Newnes*, 2005, 193-222.
- [11] Dede F., Sensörler, Mobil Robot Sensörleri, Endüstriyel Sensörler [Online], (9 Ekim 2011), <http://www.robots101.com/robot-sensorleri>, (2011).
- [12] Çetin K., Endüstriyel Elektronik, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 2002.
- [13] Hope Microelectronics, Humidity Sensor Module [Online], (31 Mayıs 2010).
- [14] Yusubov I., Ali A., Temurtas F., A Study on Mixture Classification Using Neural Network, *Electronic Letters on Science&Engineering*, 2007, **3**, 33-38.
- [15] Türkal-Gün Z., Çalışan Adölesanların Kişisel Hijyen Bilgi ve Davranışları, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2019, 534212.

- [16] Türker G. F., Tarimer İ., Türkiye’de Kablosuz Algılayıcı Ağlar ile Yapılan Teknolojik Uygulamalar Üzerine Bir İnceleme, *İnönü Üniversitesi Akademik Bilişim*, 2011, 2-4.
- [17] Zheng Y. F., Yuka F., Robot Force Sensor Interacting with Environments, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 1991, **7**, 156-164.
- [18] Parr E. A., Sensör ve Transdüser [Online], (13 Ekim 2012), <http://www.elektrikrehberiniz.com/elektronik/sensor-ve-transduser>, 1907.
- [19] Robotik Sistem, Sensörler [Online], (6 Haziran 2013), <http://www.robotiksistem.com/>, 2009-2013.
- [20] Stoyanov T., Mojtahedzadeh R., Andreasson H., Lilienthal A.J., Comparative Evaluation of Range Sensor Accuracy For Indoor Mobile Robotics and Automated Logistics Applications, *Robotics and Autonomous Systems*, 2013, **61**(10), 1094-1105.
- [21] Özdemir A., Parr E.A., Çetin K., Pastacı H., Nacar M. (EDS.), Sensörler ve Transdüserler, 2012.
- [22] Norton H.N., An Electronic Nose to Differentiate Aromatic Flowers Using A Realtime Information-Rich Piezoelectric Resonance Measurement, *Procedia Chemistry*, DOI:10.1016/j.proche.2012.10.146., 2012, **6**, 194–202.
- [23] Petkovića D., Issa M., Pavlovic N.D., Zentner L., Intelligent Rotational Direction Control of Passive Robotic Joint with Embedded Sensors, *Expert Systems with Applications*, 2013, **40**(4), 1265-1273.
- [24] Peck L.H., How Aircraft Instruments Work, *Popular Science*, 116, 1944.
- [25] Darcy H., Note Relative À Quelques Modifications À Introduire Dans Le Tube De Pitot, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1958, 351–359.
- [26] James D., Accelerometer Design and Applications, *Analog Devices*, 2008, 12-23.
- [27] Özdemir A., Parr E.A., Çetin K., Pastacı H., Nacar M. (EDS), Elektrik Elektronik Teknolojisi Sensörler ve Transdüserler, 2007.
- [28] Suwanratchatamanee K., Matsumoto M., Hashimoto S., Haptic Sensing Foot System for Humanoid Robot and Ground Recognition with One-Leg Balance, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2011, **58**(8), 3174-3186.
- [29] Heever D.J., Schreve K., Scheffer C., Tactile Sensing Using Force Sensing Resistors And Super-Resolution Algorithm, *IEEE Sensors Journal*, 2009, **9**(1).
- [30] Mohammad S., Mohamed T., Identification of a Force-sensing Resistor for Tactile Applications, *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, DOI: 10.1177/1045389X12463462, 2013, **24**(7), 813-827.

- [31] İyice H., Arduino uno Datasheet, Arduino Türkiye, 2019, <http://arduinoturkiye.com/arduino-uno>
- [32] Francis S., Boeing 737 Crash Could Lead to Planes Being Fitted With Thousands of Additional Sensors, Robotics and Automation News, <https://roboticsandautomationnews.com/2019/04/15/boeing-737-crash-could-lead-to-planes-being-fitted-with-thousands-more-sensors/21846/> (Ziyaret Tarihi: 15 Aralık 2019).
- [33] Aircraft Sensors Market, Markets and Markets, <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/aircraft-sensors-market-53630527.html> (Ziyaret Tarihi: 15.12.2019).
- [34] Roboweb, <http://www.roboweb.net/rw-sf-10239.htmf.>, (2011).
- [35] Çamoğlu D. İleri Seviye Arduino, *Dikey Eksen Yayınları*, İstanbul, 2014.
- [36] Çobanoğlu B. Derinlemesine Arduino, *Abaküs Yayınları*, 2017.
- [37] Dökmetaş G., Arduino Eğitim Kitabı, 1. Baskı, *Dikeyksen Yayıncılık*, İstanbul, 2016.
- [38] Saadeh M. Y., Trabia M. B., Identification of a Force-sensing Resistor for Tactile Applications, *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 2013, **24**(7), 813-827.
- [39] Gürman Ü., Arduino ile Müzik Eğitiminde Materyal Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2019, 10249045.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Karaca K. İ., Karaarslan M., Rezistif Kuvvet Sensörü Uygulamasıyla Uçak Tuvaletleri Vakum Sistemlerinin İyileştirilmesi, *Journal of Aviation Research*, 2020, 2(1), 26-44.



ÖZGEÇMİŞ

1994 yılı Kars ili Selim ilçesinde doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Kars'ta tamamladı. 2016 yılında Kocaeli Üniversitesi Uçak Elektrik Elektronik bölümünden mezun oldu. 2017 yılında Kocaeli Üniversitesi Havacılık Bilim ve Teknolojileri Anabilim dalında Tezli Yüksek Lisansa başladı. 2017 yılından itibaren Türk Hava Yolları Teknik A.Ş.'de işe başladı.

