



T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASKERİ KARA-HAVA ARAÇLARI KONTROL PANELLERİNİN
ÜRETİM YÖNTEMLERİ VE GECE GÖRÜŞ UYUMU
ENTEGRASYONU

Ekin ÇELİK
SAVUNMA TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman:
Prof. Dr. Osman BİCAN

HAZİRAN 2023



T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASKERİ KARA-HAVA ARAÇLARI KONTROL PANELLERİNİN
ÜRETİM YÖNTEMLERİ VE GECE GÖRÜŞ UYUMU
ENTEGRASYONU

Ekin ÇELİK
SAVUNMA TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman:
Prof. Dr. Osman BİCAN

HAZİRAN 2023

EKİN ÇELİK tarafından hazırlanan “ASKERİ KARA-HAVA ARAÇLARI KONTROL PANELLERİNİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ VE GECE GÖRÜŞ UYUMU ENTEGRASYONU” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ /OY ÇOKLUĞU ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Savunma Teknolojileri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof Dr. Osman BİCAN

İmza:.....

Makine Mühendisliği A.B.D, Kırıkkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Doç.Dr. Aziz Barış BAŞYİĞİT

İmza:.....

Kırıkkale Üniversitesi/Metalurji ve Malzeme Mühendisliği A.B.D.

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Selahattin BUDAK

İmza:.....

Makine Mühendisliği A.B.D, Gümüşhane Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 22/06/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Recep ÇALIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYANI

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ekin ÇELİK

22.06.2023

Kıymetli eşim ve tüm aileme...

ÖZET

ASKERİ KARA-HAVA ARAÇLARI KONTROL PANELLERİNİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ VE GECE GÖRÜŞ UYUMU ENTEGRASYONU

Çelik, Ekin
Kırıkkale Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Prof. Dr. Osman BİCAN
Haziran 2023, 52 sayfa

Bu çalışma, askeri kara hava araçları için kontrol paneli tasarımı, üretimi ve gece görüş uyumu üzerine odaklanmaktadır. Bildiride, en detaylı resmi kaynak olan MIL-DTL-7788J standardı incelenirken, temin edilmiş bir havacılık kontrol paneli üzerinde de gözlemler ve araştırmalar yapılmıştır. Bu gözlemler ve araştırmalar sonucunda, malzeme seçimlerine ve kullanılan bağlantı elemanlarının incelenmesine yer verilmiştir. Aynı zamanda elektronik elemanlar olan; kablolama türleri, panel aydınlatma elemanları, konnektörler ve devre kartı gibi bir çok detay ele alınmıştır. Ayrıca, tasarım sınırları, dayanıklılık ve ergonomi gerekleri de kontrol paneli tasarımı sürecinde dikkate alınan önemli faktörler olduğundan incelenen noktalar arasındadır. Bu tez çalışmasında, MIL-DTL7788J standardının kapsamı ve gereklilikleri ele alınmıştır. Dolaylı ve doğrudan olarak farklı askeri standartlardan da söz edilen bildiri standartlarının belirlediği sınırlar çerçevesinde güvenilirliğin artırılması için tasarım sürecinde dikkate alınması gereken kritik bilgiler detaylandırılmıştır. Kontrol paneli tasarımında kullanılan mekanik malzemelerin ve bağlantı elemanlarının seçiminde dikkate alınması gereken faktörler, gözlemler ve araştırmalarla birlikte açıklanmıştır. Panellerin kokpit ile olan bağlantısını sağlayan çeyrek tur “DZUS” tipi vidalar ve montaj şekilleri ile ilgili detaylar da incelenmiştir. Gövde ve ön panel ihtiyaçları, tasarımları ve üretim yöntemleri ele alınarak, kontrol paneli tasarımının tüm yönleri hakkında kapsamlı bir bakış açısı sunulmuştur. Panelin kullanım kolaylığı sağlanması ve kullanıcının rahatlığı için ergonomi gerekleri incelenmiştir. Bu gereklilikler incelenirken “human engineering” yaklaşımlarına dikkat edilmiştir. Tez çalışmasının ana mesajı, askeri kara hava araçları için temel kontrol paneli yapısının, tasarım, üretim, ergonomi ve gece görüşü gereklerinin yanı sıra birçok detayı içeren karmaşık bir süreç olduğudur. Çalışma ile okuyuculara kontrol paneli tasarımının ince ayrıntılarına hakim olma imkanı sunmaktadır. Gelişen havacılık sektörüne bakıldığında kontrol paneli tasarımlarının kullanıcılar için kritik önemi göz önüne alındığında, bu tez, askeri kara hava araçları için kontrol paneli tasarımı konusunda çalışan mühendisler ve tasarımcılar için yararlı bir kaynak olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Askeri Kara-Hava Araçları, Kontrol Paneli, Gece Görüş Uyumu, DZUS, NVIS.

ABSTRACT

PRODUCTION METHODS AND NIGHT VISION INTEGRATION OF MILITARY LAND-AIR VEHICLE CONTROL PANELS

Çelik, Ekin
Kırıkkale University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Defense Technologies, MSc. Thesis
Supervisor: Prof. Dr. Osman BİCAN
June 2023, 52 pages

This study focuses on the design, production, and night vision compatibility of control panels for military land-based aircraft. The research examines the MIL-DTL-7788J standard, which is the most comprehensive official reference, and includes observations and investigations conducted on a procured aviation control panel. These observations and investigations provide insights into material selection and examination of the used connectors, as well as various details concerning electronic components such as cable types, panel illumination elements, connectors, and circuit boards. Furthermore, design constraints, durability requirements, and ergonomic considerations are among the significant factors taken into account during the control panel design process and are examined in this paper. The scope and requirements of the MIL-DTL-7788J standard are addressed in this thesis. The paper also provides detailed information on critical aspects that need to be considered in the design process to enhance reliability within the boundaries set by different military standards, both directly and indirectly referenced. Factors to consider in the selection of mechanical materials and connectors used in control panel design are explained in conjunction with observations and research findings. Details related to quarter-turn "DZUS" type screws and mounting methods, which ensure the connection between panels and the cockpit, are also examined. By addressing the needs, designs, and production methods of the structure and front panel, a comprehensive perspective on all aspects of control panel design is presented. The ergonomic requirements for user convenience and comfort are also investigated, with attention given to human engineering approaches. The main message of this thesis is that the fundamental structure of control panels for military land-based aircraft involves a complex process encompassing design, production, ergonomics, and night vision requirements, along with numerous intricate details. The study provides readers with an opportunity to gain a comprehensive understanding of control panel design intricacies. Considering the critical importance of control panel designs for users in the evolving aviation industry, this thesis will serve as a valuable resource for engineers and designers working on control panel design for military land-based aircraft.

Key Words: Military Land-Based Aircraft, Control Panel, Night Vision Compatibility, DZUS, NVIS.

TEŞEKKÜR

GeçmiŐte bana güvenerek mühendislik kavramını aŐılayan ve bu tez konusuna benzer bir konuda çalıŐmamı sağlayan değerli büyüğüm Sn. Evran Zihniođlu'na teŐekkürü bir borç bilirim.

İnancı, tecrübesi ve katkıları ile bana yol gösteren danışmanım Prof. Dr. Osman Bican'a Őukranlarımı sunarım.

Ayrıca bütün süreç boyunca desteğini eksik etmeyen arkadaşım; yoldaŐım, Mert Yenilmez'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	xi
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırma Konusu ve Amacı	2
1.2. Literatür Taraması.....	2
1.2.1. Yapılan Çalışmalar	2
1.2.2. Askeri Standart İncelemeleri	4
1.2.3. Yerleşme Değerlendirmesi	7
2. MATERYAL VE METOT	9
2.1. Havacılık Tipi Kontrol Panelleri.....	9
2.2. İncelenecek Panel Türünün Belirlenmesi	10
3. KONTROL PANELLERİ TASARIM DETAYLARI	11
3.1. Mevcut Ürün Tasarım İncelemeleri.....	11
3.2. Mekanik Malzeme Seçimleri.....	15
3.2.1. Gövde Malzemesi Seçimi	15
3.2.2. Ön (Aydınlatmalı) Panel Malzemesi Seçimi.....	16
3.2.3. Bağlantı Elemanları Seçimi	18
4. TASARIM AŞAMASI	19
4.1. Gövde ve Ön Panel	19
4.2. Mekanik İskelet Yapısı.....	22
4.3. Kokpit Bağlantı Elemanları – DZUS D5	23
4.4. Elektriksel Arayüzler.....	27
4.4.1. Birim Ana Kartı (PCB)	27

4.4.2. Gece Görüş Uyumlu Gösterge Işıklandırma LED'leri (NVIS)	28
4.4.3. Led Işık Şiddeti Ayar Dirençleri.....	30
4.4.4. Elektriksel Güç Konnektörü	30
4.4.5. Sistem - Elektriksel Bağlantı Arayüzü Konnektörü:.....	31
4.4.6. Kablaj.....	32
4.4.7. Devre Kesiciler (Anahtarlar)	34
4.4.8. Sesli İkaz Cihazları	35
4.5. Mekanik Tasarım Çalışmaları	35
4.5.1. Panel Genel Yapı	36
4.5.2. Kapalı Yapılı Tasarım	38
4.5.3. Açık Yapılı Tasarım	39
5. GECE GÖRÜŞ UYUMU	41
5.1. Gece Görüş Sistemleri.....	41
5.2. Askeri Kontrol Panellerinin Gece Görüş Uyumu	42
6. SONUÇLAR VE İRDELEME	47
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ.....	52

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
1. F-16 Savaşan Şahin (ing. Fighting Falcon).....	10
2. Grabysur Ürünü.....	11
3. Stacosystems Kontrol Paneli.....	12
4. Bir Kontrol Panelinde DZUS Uygulaması (D5 Panel Tipi)	12
5. PMMA Panel.....	13
6. Devre Kartı (PCB) – SMD LED’ler (sarı ile).....	13
7. Kontrol Paneline Önden Bakış.....	14
8. PMMA Panel Olmaksızın Aydınlatılmış Kontrol Paneli.....	15
9. PMMA Levha ve Kimyasal Formülü.....	17
10. Metal Insert Örneği	18
11. Burç Örneği.....	18
12. Konsept Kontrol Paneli Tasarımı.....	20
13. Alüminyum İçin T6 Isıl İşlem Prosesi	21
14. Sınıf 1 Sarı Alodin Kaplı Parça Örnekleri (EST, 2023).....	22
15. Yükseltme ve Plakalı Açık Örnek (FTGCorp, 2023).....	22
16. Kapalı Yapı Örnekleri (NurolCAS, 2023)	23
17. DZUS Vida Patent Belgesi (United States of America Patent No. U.S. Patent 1955740, 1934)	24
18. DZUS D5 Demonte Görseli ve Panel Bağlantısı	25
19. DZUS D5 Boyutsal Özellikleri (Southco, 2022)	25
20. DZUS Bağlantı Rayı (Southco, 2022)	26
21. Gövde Bağlantı Boşaltması, Et Kalınlığı ve Pah Açısı (Southco, 2022).....	26
22. DZUS-Hava Aracı Panel Bağlantısı Gereksinimleri (MIL-STD-25213E, 1993)27	
23. DZUS Rayı, Hava Aracı Panel Bağlantı Arayüzü	27
24. SMD LED Fiziksel Yapı.....	29
25. SMD Direnç Örnekleri ve Fiziki Yapı.....	30
26. MIL-DTL-32385-8.....	31

27. Örnek Kontrol Paneli Üzerindeki "+" İşareti	31
28. D38999 Tipi Konnektör	32
29. SPEC 55 Kablo	34
30. Devre Kesiciler ve Kilit Bilgisi (ing.Toggle Switch) (CKSwitches, 2021).....	34
31. Panel Tipi Buzzer Örnekleri.....	35
32. Anahtar Konumları ve Komutlar	36
33. Kontrol Paneli Genel Yapısı (Önden Bakış).....	37
34. Kontrol Paneli Genel Yapısı (Arkadan Bakış).....	37
35. Kapalı Yapı (Önden Bakış).....	38
36. Kapalı Yapı (Alttan Bakış).....	39
37. Hazır Parça Yükseltmeler	39
38. Altıköşe Alüminyum Çubuk	40
39. Açık Yapı (Önden Bakış).....	40
40. Açık Yapı (Arkadan Bakış).....	40
41. Gece Görüş Gözlükleri ve Görüntüsü	42
42. Görülen ve Görülemeyen Işık Spektrumu.....	42
43. CIE Renklilik Diyagramı (NVIS Renk Sınırlarını Göstermektedir) (1931) (MIL-STD-3009, 2001)	45

TABLolar DİZİNİ

<u>TABLO</u>	<u>Sayfa</u>
1. Alüminyum Genel Özellikleri.....	15
2. Yaygın Kullanılan Alüminyum Alaşımlarının Karşılaştırılması (Alüminyum Mekanik Özellikler, 2023)	16
3. Akriik (PMMA) Malzeme Özellikleri (Umar Ali, Khairil Juhanni Bt. Abd Karim, Nor Aziah Buang, 2015, vol.55, Issue 4).....	17
4. LED Elektriksel Özellikleri.....	30
5. Spec 44 ve Spec 55 Kabloların Karşılaştırması	33
6. Kromatiklik Tablosu (MIL-STD-3009, 2001)	45

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AC	Alternatif Akım (Alternating Current)
AWG	Amerikan Kablo Çapı Göstergesi American Wire Gauge
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage
CNC	Bilgisayarlı Sayısal Kontrol (Computer Numerical Control)
DC	Doğru Akım (Direct Current)
DoD	Amerikan Savunma Bakanlığı (Department of Defence)
DTL	Detay (Detail)
DZUS	Çeyrek Tur Cıvata (Mucidinin Soyadından gelmektedir. William Dzus)
EMC	Elektromanyetik Uyumluluk (Electromagnetic Compatibility)
EMI	Elektromanyetik Girişim (Electromagnetic Interference)
GPa	Giga Pascal
LED	Işık Yayan Diyot (Light-Emitting Diode)
MIL	Askeri (Military)
MPa	Mega Pascal
NVG	Gece Görüş Gözlüğü (Night Vision Goggle)
NVIS	Gece Görüş Sistemi (Night Vision Imaging System)
PCB	Baskılı Devre Kartı (Printed Circuit Board)
PMMA	Akrilik (Polymethyl Methacrylate)
PSI	Basınç Birimi
SMD	Yüzeye Monteli Diyot (Surface Mounted Device)
SMT	Yüzeye Monteleme Teknolojisi (Surface Mounting Technology)
SPEC	Spesifikasyon (Specification)
STD	Standart (Standard)
UCS	Uniform Color Space
V	Volt

1. GİRİŞ

Askeri Kara-Hava araçları, askeri savunma alanında önemli bir role sahiptir. Bu araçlar, farklı amaçlarla kullanılmakta olup askeri operasyonların başarısı için kritik bir faktör niteliğindedirler. Keşif, gözetleme, taşıma, hava desteği ve saldırı bu amaçlara örnek olarak gösterilebilir. Bu araçların görevleri başarıyla yerine getirmesi, araçların kontrol edilebilirliği ile doğrudan ilişkilidir. Kontrol panelleri, pilotların araçları etkili bir şekilde kontrol etmelerine yardımcı olan ana arayüzlerdir. İnsan makine arayüzü olarak kullanılan kontrol panellerinin tasarımı, araçların başarılı bir şekilde kullanımını sağlayan önemli bir faktördür.

Askeri kara hava araçlarının kontrol panellerinin tasarımı, askeri operasyonların başarısında hayati bir rol oynamaktadır. Kontrol panelleri, pilotların aracı etkili bir şekilde kontrol etmelerini sağlamak için tasarlanmıştır. Bununla birlikte, kontrol panellerinin tasarımı, araçların kontrol edilebilirliği, güvenilirliği ve etkililiği açısından kritik bir faktördür. Bu da kontrol panellerinin tasarımı konusunu, askeri savunma alanında önemli bir araştırma konusu haline getirmektedir.

Ayrıca, gece görüş yeteneği, askeri operasyonların etkinliği için oldukça kritiktir. Gece görüş sistemleri, araçların düşman hedeflerini tespit etmek ve hedefleri vurmak için kullanılacakları düşük ışık koşullarında çalışmalarını sağlar. Bu nedenle, kontrol panellerinin tasarımının gece görüş sistemlerinin etkinliği ile uyumlu olması hayati önem taşımaktadır.

Bu tez çalışması ile, askeri kara hava araçlarının kontrol panellerinin tasarımı ve gece görüş uyumu konusunda detaylı bir analiz sunulmaktadır. Bu çalışma, askeri savunma alanında önemli bir boşluğu doldurarak Türkçe kaynak oluşturulmasına katkı sağlayacak ve milli kara hava araçlarının kontrol sistemlerinde gelecekteki gelişmeler için önemli bir temel oluşturacaktır.

1.1. Araştırma Konusu ve Amacı

Askeri kara hava araçları, günümüz modern savaş ortamında etkin bir şekilde kullanılan araçlardan biridir. Bu araçların kontrol sistemleri, operasyonların başarıyla yürütülebilmesi için oldukça önemlidir. Kontrol panelleri, operasyonel gereklilikleri karşılayacak şekilde tasarlanmalı ve kullanıcı dostu olmalıdır. Ayrıca, bu araçların gece operasyonlarında kullanımı da oldukça yaygındır. Gece operasyonlarında askerlerin ve pilotların, karanlıkta doğru bir şekilde hareket etmeleri hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle, kontrol panellerinin tasarımında gece görüş uyumunun sağlanması da operasyonel açıdan büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın ana amacı, askeri kara hava araçlarında kullanılan kontrol panellerinin tasarımı ve gece görüş uyumu açısından Amerikan askeri standartlarına uygunluğunun incelenmesi ve değerlendirilmesidir. Bu amaç doğrultusunda, çalışmada öncelikle askeri kara hava araçları ve kontrol panelleri tasarımı konularına yer verilecektir. Daha sonra, Amerikan askeri standartlarına uygunluğun değerlendirilmesi yapılacaktır. Çalışmanın son bölümünde ise gece görüş uyumu incelenecektir. Bunlar ile birlikte doğrulamalar yapılmaya çalışılacaktır.

Bu çalışmanın önemi, askeri kara hava araçlarının tasarımında ve gece operasyonlarında kullanılan teknolojilerin geliştirilmesine katkı sağlamasıdır. Bu çalışma, askeri operasyonların başarılı bir şekilde yürütülmesine yardımcı olacak ve askerlerin ve pilotların güvenliğini arttıracaktır. Ayrıca, bu çalışma, gelişmekte olan ve fark yaratan milli askeri kara hava aracı projelerimizde yer alan tasarımların daha anlaşılır ve kolay hale getirilerek standardize edilmesini sağlayıp aynı zamanda hava aracını kullanan pilotlarımıza destek olacaktır. Farklı çalışmalar için ise bir referans niteliğinde olması hedeflenmektedir.

1.2. Literatür Taraması

1.2.1. Yapılan Çalışmalar

Kara-Hava araçlarında kullanılacak panellerin önemi dünyaca kabul görmektedir. Ülkemizde ise bu paneller gelişen savunma ve havacılık sanayi ile bazı çalışmalara konu olmuştur. Bu konuda yapılan çalışmalar ile kara hava araçlarının kontrol

panelleri tasarımında kullanılabilecek farklı teknikler, yöntemler ve standartlar hakkında değerli bilgiler sunulmaktadır.

Yixiang Lim ve arkadaşları tarafından 2018 yılında yayınlanan makalede, askeri uçak kokpitlerinin insan-makine arayüzü tasarımında kullanılabilecek bir yöntem tanıtılmaktadır. Yöntem, insan faktörleri mühendisliği ve kullanıcı merkezli tasarım ilkeleri temelinde oluşturulmuştur. Makalede, askeri uçak kokpitlerindeki insan-makine arayüzü tasarımının önemi vurgulanmakta ve tasarım sürecinde kullanılabilecek adımlar detaylı bir şekilde açıklanmaktadır. Bu adımlar arasında kullanıcı gereksinimlerinin belirlenmesi, tasarım alternatiflerinin üretilmesi, tasarım alternatiflerinin değerlendirilmesi, prototipin geliştirilmesi ve test edilmesi gibi aşamalar yer almaktadır. Makalede, yöntemin uygulanabilirliği, etkililiği ve doğruluğu test edilmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. (Yixiang Lim, Alessandro Gardi, Roberto Sabatini, Subramanian Ramasamy, Trevor Kistan, Neta Ezer, Julian Vince, Robert Bolia, 2018)

Bir diğer yandan, Cîmpian ise 2011 yılında, askeri hava araçları kokpitleri için insan odaklı bir tasarım yöntemi geliştirdikleri bir çalışmayı sunmuşlardır. Yöntem, insan faktörleri ve ergonomi prensiplerinin yanı sıra kullanıcı ihtiyaçlarının analiz edilmesi ve tasarım kararlarının alınması sürecine odaklanmaktadır. Bu amaçla, kullanıcı ihtiyaçlarına dayalı bir tasarım modeli geliştirilmiştir. Bu model, kullanıcıların hava aracı kontrol sistemlerini kullanırken karşılaştığı zorlukları belirlemeye ve kullanıcıların kontrol sistemleriyle etkileşimlerini optimize etmeye yardımcı olmaktadır. Araştırmacılar, yöntemin bir askeri helikopter kokpitinde uygulandığını ve sonuçların kullanıcı deneyimi açısından olumlu olduğunu rapor etmişlerdir. (Cîmpian, 2011)

Gece görüş uyumu da, kara-hava araçları için bir araştırma konusu olmuştur. Diğer bir çalışma ise, ABD Hava Kuvvetleri'nin gece görüş gözlükleri (NVG'ler) için askeri ekranların uyumluluğunu araştırmaktadır. Çalışmada, NVG'lerin kullanımının artması ile birlikte, askeri uçuş görevlerinin performansını artırmak için uygun ekranlar, paneller ve sistemlerin tasarımının önemi vurgulanmaktadır. Ayrıca, ABD Hava Kuvvetleri'nin gereksinimleri ve NVG uyumluluğunun uygulamaları hakkında bilgi verilmektedir. (Schmickley, 2018)

Stowell ise 1976 yılı raporunda, gece görüş sistemlerinde (NVIS) kullanılan kokpit aydınlatması konusuna odaklanmaktadır. NVIS uyumlu kokpit aydınlatmasının önemi vurgulanarak, uyumlu aydınlatma tasarımının gerekliliği üzerinde durulmuştur. Bu bağlamda, araştırmacılar NVIS uyumlu aydınlatma konusunda yapılan çalışmalarını incelemiş ve elde edilen bulguları sunmuşlardır. Makale ayrıca, NVIS uyumlu aydınlatmanın tasarımı ve test edilmesi için teknikleri ele almaktadır. (Stowell, 1976)

Bir başka makalede ise gece görüş gözlükleri ile çalışan kara hava araçlarındaki kontrol panellerinin tasarımı için en uygun renk şemasının belirlenmesi üzerine odaklanmaktadır. Bu amaçla, pilotların gözlerinin adapte olmasını sağlamak için uygun renklerin seçimi ve kontrast oranları incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, mavi tonların uygunluğu açısından öne çıktığı ve uygulama örneklerinde de kullanıldığı belirlenmiştir. Bu çalışma, gece görüş uyumlu kara hava aracı kontrol panellerinin tasarımında renk şeması seçimi konusunda faydalı olabilecek bilgiler sağlamaktadır. (Reising, Jack D. Antonio, Joseph C. Fields, Bruce, 1996)

Konuya en yakın türden işlenen Türkçe çalışma ise 2018 yılında Gazi Üniversitesinde gece görüş sistemlerinin incelendiği bir makaledir. Bu makalede askeri hava araçlarının gece görüş sistemleri (NVIS) uygulamaları ve gelecekteki gelişmeleri hakkında bir inceleme sunmaktadır. Çalışmada, gece görüş sistemlerinin tarihi, prensipleri ve temel bileşenleri ele alınmaktadır. Ayrıca, askeri hava araçlarındaki gece görüş sistemleri uygulamaları hakkında örnekler verilerek, bunların hava aracı operasyonlarındaki önemi vurgulanmaktadır. Makalede ayrıca, gece görüş sistemleri teknolojisi alanındaki son gelişmeler ve gelecekteki trendler de tartışılmaktadır. (Gevrek, 2020)

1.2.2. Askeri Standart İncelemeleri

Yapılan araştırmalar, literatür taraması, firma ziyaretleri ve bilgilendirmeleri göstermektedir ki bu konu üzerinde bugüne kadar yapılmış en kapsamlı ve kabul edilen çalışma; bir Amerikan askeri standardı olan MIL-DTL-7788J (2019)'dur. Bu doğrultuda, ABD Savunma Bakanlığı'nın (DoD) MIL-DTL-7788 standardı, gece görüş uyumlu kara hava araçları kontrol panelleri tasarımı için bir referans oluşturmaktadır. Bu standart, araçların operatörlerin gece görüş kabiliyetlerine uygun hale getirilmesi için gerekli olan minimum gereksinimleri de belirlemektedir. Bu

gereksinimler, panellerin tasarımı, malzeme seçimi, renk kullanımı, aydınlatma sistemleri ve diğer faktörleri içermektedir. (MIL-DTL-7788J, 2019)

Kontrol Panellerinin tasarım detayları belli sınırlandırmalar ile belirgin hale gelmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan biri panelin konumlandırılacağı ve entegre edileceği yüzeylerin belirlenmiş olmasıdır. Belirlenmiş yüzey panel tasarımındaki fiziksel sınırları çizer. Bu fiziksel sınırların her bir hava aracında aynışması için iki adet Amerikan askeri standardı mevcuttur.

Bunların ilki; MS25212E standardı, kontrol paneli ve konsol tipi uçak ekipmanlarının temel boyutlarını belirler. Standardın amacı, uçak ekipmanları için kullanılan kontrol panellerinin ve konsollarının standart boyutlarda olmasını sağlamaktır. Bu sayede, kontrol panelleri ve konsolları, farklı uçak tipleri arasında yer değiştirilebilir ve aynı zamanda bakım ve onarım işlemlerinde de daha kolay kullanılabilir hale getirilir. Standardın belirlediği boyutlar arasında panel genişliği, yüksekliği, derinliği, delik çapları, delikler arası mesafeler ve panelin arka kısmındaki kablo bağlantıları yer alır. Bu standart 1990 yılında yerini yukarıda incelenmiş olan MIL-DTL7788J'ye bırakmıştır. (MS25212E, 1990)

İkincisi ise yine bir Amerikan askeri standardı olan; MS25213E, "Control, Aircraft Equipment, Panel Type,"dır. Bu standardın amacı, uçak ekipmanlarının kontrol panellerinin tasarımına ve boyutlarına ilişkin gereksinimleri belirlemektir. MS25213E, panel tipi, havacılık ekipmanı kontrol panellerinin tasarımı için genel bir rehber niteliği taşımaktadır. Standart, kontrol panelleri için minimum boyut gereksinimlerini, kontrol mekanizmaları için yerleşim düzenini ve kontrol cihazlarının fonksiyonel özelliklerini belirler. Ayrıca, standart, kontrol paneli montajının, havacılık ekipmanının diğer bileşenleriyle uyumlu olmasını sağlamak için çevresel şartlara karşı dayanıklılığı belirler. Bu standart ayrıca, panel malzemelerinin, donanımın, kaplama ve işaretlemenin özelliklerini de belirler. MS25213E, askeri uçaklarda kullanılan havacılık ekipmanlarının güvenli ve uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlamak için önemli bir standarttır. (MIL-STD-25213E, 1993)

Ayrıca insan mühendisliği de bu tip panellerin tasarımında büyük söz sahibidir. Bu aşamada en yoğun ve kanıtlanmış içerik olarak MIL-STD-1472H İnsan Mühendisliği Kullanım Kılavuzu ön plana çıkmaktadır. Bu standart ile askeri uçaklar dahil olmak üzere askeri ekipmanların insan kullanımına uygunluğunu sağlamak

hedeflenmektedir. Kontrol panellerinin tasarımında, MIL-STD-1472H, kullanıcıların işlem ve kontrol fonksiyonlarını yerine getirmelerini kolaylaştırmak için özellikle ergonomi ve kullanıcı arayüzü gibi faktörlerin dikkate alınmasını önerir.

MIL-STD-1472H, kontrol paneli tasarımında aşağıdaki faktörlerin göz önünde bulundurulmasını önerir:

- Panel yerleşimi ve konumu,
- İşlevsel birimlerin sayıları ve düzeni,
- Kullanıcı arayüzü ve işlem kontrol işaretleri,
- Kullanıcı erişim gereksinimleri,
- Aydınlatma gereksinimleri,
- Kontrol panelinin fiziksel özellikleri.

MIL-STD-1472 ile ayrıca, kontrol paneli tasarımının kullanıcının işletme ve bakım yeteneklerine uygunluğunu sağlamak için uygun eğitimlerin ve kullanıcı el kitaplarının sağlanmasını önerilmektedir. Bunun yanı sıra, kullanıcıların kontrol paneliyle etkileşimlerinin uygunluk testleriyle değerlendirilmesi ve tasarımın gerektiği gibi ayarlanması önerilmektedir. (MIL-STD-1472H, 2021)

Tüm bunlarla birlikte kontrol panellerinin hava aracı arayüzüne olan bağlantısı için kullanılan “quick release” bir mekanik bağlantı türü tez içerisinde detaylı olarak incelenecektir. Kontrol panellerinin kokpite bağlantısının ve bakım-onarım işlerinin basite indirgenmesi için çabuk çözüm olarak patentli bir bağlantı şekli sunan DZUS vidaların kullanımı havacılık endüstrisinde oldukça yoğundur.

Bunun için iki adet Amerikan askeri standardı oluşturulmuştur. Bunlardan biri olan MIL-DTL-25135A, "Fastener, Removable Panel, Quarter-Turn, Self-Locking, Flush Mounting, with Type 1 or Type II Receptacle, Classes 1 and 2"nin amacı, hava araçları ve diğer askeri uygulamalar için uygun, düzgün bir şekilde monte edilebilen, çıkartılabilir panelleri tutmak için kullanılan vidalı bir bağlantı elemanı olan çeyrek dönüşlü kendinden kilitli bağlantı elemanlarını tanımlamaktır. MIL-DTL-25135A standardı, vidanın malzeme, boyut, yüzey işlemleri, performans özellikleri, test gereklilikleri ve kabul kriterleri gibi ayrıntılı teknik özelliklerini belirler. MIL-DTL-25135A, çeşitli askeri hava araçlarında kullanılan panellerin güvenli ve güvenilir bir

şekilde monte edilmesini sağlamak için önemli bir standarttır. (MIL-DTL-25135A, 2006)

Bir diğer standart olan MIL-F-25173A ise; bir askeri spesifikasyon olarak, havacılık ekipmanları için DZUS tipi bağlantı elemanlarını kapsar. Bu standardın amacı, havacılık kontrol panellerinin hızlı bir şekilde açılıp kapatılmasını sağlamak için uygun bağlantı elemanlarının belirlenmesi ve sağlanmasıdır. Bu amaçla, standardın kapsamında, Dzus tipi bağlantı elemanlarının malzeme, boyut, şekil, kaplama ve performans gereksinimleri tanımlanmaktadır. Ayrıca, test yöntemleri ve kabul kriterleri de belirtilmiştir. (MIL-F-25173A, 1956)

Ayrıca; MIL-C-6781A standardı ile, uçak ekipmanlarının kontrol panelleri, rafları veya konsolları için tasarım, test ve performans gereksinimlerini belirlenmiştir. Bu standart, uçaklarda kullanılan kontrol panellerinin tasarım, yapım ve testlerinde kullanılan malzemeler, boyutlar, bağlantılar ve performans özelliklerini tanımlar. Bu standart, kontrol paneli malzemelerinin dayanıklılığı, titreşim ve şok direnci, çevresel koşullara uygunluk, sızdırmazlık, elektromanyetik uyumluluk, temizleme ve bakım gereksinimleri gibi faktörlerin test edilmesini gerektirir. Ayrıca, kontrol panelinin işlevselliği, açık hava koşullarında görünürlüğü ve kullanıcı dostu olması gibi özellikler de tanımlanmıştır.

MIL-C-6781A standartlarına uygun kontrol panelleri, uçakta güvenilir, dayanıklı ve uzun ömürlü bir performans sunar. Bu standartlar, uçak kontrol sistemlerinin güvenliği ve etkinliği için önemlidir. (MIL-C-6781A, 1988)

1.2.3. Yerleşme Değerlendirmesi

Görülmüştür ki askeri kara-hava araçları kontrol panelleri tasarımı ve gece görüşü üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Türkçe kaynaklarında bulunduğu konunun ana dilimizce detaylandırılmadığı ve bunun bir ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır. Gelişen savunma ve havacılık sektöründe çalışan tüm personelin kullanımına açık olacak bir kaynak oluşturarak öz sistemimizin geliştirilmesine katkı sağlamak yegane amaç olarak belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında tasarım detayları incelenirken farklı ihtiyaçlar dikkate alınacaktır. Araştırmalar sonrasında ortaya iki farklı tasarım çıkarılacak olup bu tasarımlar fayda bakımından incelenecektir. Özellikle mekanik yapıda bulunan bağlantı türleri

değerlendirilerek çeşitli bağlantı yöntemleri kullanılmış olacaktır. Bununla birlikte tez çalışmasını okuyan tasarımcı hem mevcut hem de alternatif tasarım ve üretim yöntemlerinden haberdar olabilecek ve -günümüze kadar olan- araştırma süreçleri kısaltılarak yerleşmeye katkıda bulunulmuş olacaktır.

Öz kaynaklarımızın ve mühendislik bilgi birikimimizin bu konuda uzmanlaşmak için elverişli olduğu görülmektedir. Son yıllarda konu ile ilgili çalışma yapmaya başlayan firmalar açığa çıkmıştır. Bu noktada TÜBİTAK gibi kurumların yerleşme destekleri ile gelişim sağlanabileceği öngörülmektedir.



2. MATERYAL VE METOT

Askeri kontrol panelleri, askeri kara hava araçları için kullanılan özel gereksinimleri karşılamak üzere dikkatlice tasarlanmalı ve uygulanmalıdır. Malzeme seçimi, imalat teknikleri, montajlanabilirlik ve aydınlatma öğeleri bu konu özelinde temel unsurlardandır. Kontrol panelindeki komponentlerin malzeme seçimlerinde, dayanıklılık, hafiflik ve elektromanyetik uyumluluk (EMC) gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, alüminyum gibi hafif ve güçlü bir metal kontrol paneli malzemesi olarak tercih edilebilir.

İmalat teknikleri, hassas ve karmaşık kontrol paneli parçalarının üretimi için önemlidir. CNC işleme ve lazer kesme gibi ileri imalat teknikleri kullanılarak hassas parçalar üretilebilir. Çalışmada izlenecek yol belirlenirken havacılık tipi kontrol panelleri değerlendirmesi yapılacaktır.

Askeri kara hava araçlarında, gece görüş yeteneği kritik öneme sahiptir. Kontrol panelleri de gece görüş cihazlarıyla uyumlu olmalıdır. Kontrol paneli tasarımı sırasında, gece görüş aygıtlarıyla uyumlu bir aydınlatma düzeni sağlanmalıdır. Kontrol paneli malzemesi ve kaplamaları, ışık yayma ve yansıma miktarını en aza indirmek için optimize edilmelidir.

Panel değerlendirmeleri yapılırken araştırmalar, standartlar ve uygulamalar göz önünde bulundurulacaktır. Panel tipi belirlenirken kokpit yapısına, gece görüş sistemlerine ve ergonomiye uygunluk gibi konulara öncelik verilecektir.

2.1. Havacılık Tipi Kontrol Panelleri

İncelenecek panelin türü Havacılık adına tasarlanan ve üretilen kontrol panelleri, sabit ve döner kanatlı hava platformlarında, kara platformlarında ve hatta bunun yanında test simülasyonlarında da kullanılmaktadır. Kontrol panelleri; platformlar üzerinde uçuş kontrol, yangın test, yakıt sistemi, buz ve yağmur koruma sistemleri, elektrik ve aydınlatma sistemleri gibi çoğaltılabilecek birçok alt sistemi kumanda etmek için kullanılmaktadır. Panellerin hedef kişisi hava ya da kara platformunun pilotları ya da

kullanıcılarıdır. Bundan dolayı platformlar konumlandırılırken ön ya da arka kokpitte konumlandırılmaları beklenir. Bunların yanı sıra hava ve kara platformlarında bulunan ve hedef kişisi yolcu olan benzer paneller ise daha çok eğlence ya da multimedya ekranlardır. (MEGEP, 2012) (Christopher D. Wickens, 2002) (Boy, 2017)

Kontrol Panelleri'nin kullanımı hem sivil hem askeri boyutlarda olup günümüz koşullarında değerlendirme yapıldığında bu tip yapıların genel bir kanıda toplandığını ve bu kanı üzerinden standardize edildiğini görmekteyiz. Bu standardizasyon ile hem askeri hem sivil maksat platformlarında benzer özellikler korunarak arayüz eşitlemeleri yapılmaya çalışılmıştır. Yine de buna rağmen sivil maksatlı platformlar üzerinde farklı türde uygulamalar yapıldığı da görülmektedir. Bunun en temel sebebi ise askeri tip bir kontrol paneli standardizasyonunun en sert koşulları hedeflemekte olması denilebilir. (M. Pecht and E. Hakim, 1992)

Standardizasyona yön veren ve bu tez içerisinde incelenecek dokümanın yaratıcısı ise Amerikan Savunma Bakanlığıdır (Department of Defense).

2.2. İncelenecek Panel Türünün Belirlenmesi

İncelenecek panelin türü belirlenirken referans olarak MIL-DTL-7788 standardı alınacaktır. Referans doğrultusunda tasarımı ve üretimi incelenecek panelin Türkiye'de kullanılan, üretim aşamasında olan, modernizasyonu yapılmış ya da yapılan kara-hava platformlarına entegre edilebilir türde olmasına dikkat edilecektir. (TUSAŞ, 2023)



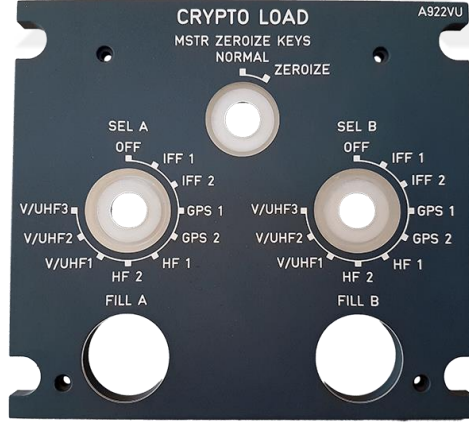
Şekil 1. F-16 Savaşan Şahin (ing. Fighting Falcon)

3. KONTROL PANELLERİ TASARIM DETAYLARI

Askeri Kara-Hava araçlarında kullanılan panellerin önemi dünyaca kabul görmektedir. Ülkemizde ise bu paneller gelişen savunma ve havacılık sanayi ile bazı çalışmalara konu olmuş ve olmaktadır. Yapılan çalışmalar ile kara hava araçlarının kontrol panelleri tasarımında kullanılabilir farklı teknikler, yöntemler ve standartlar hakkında değerli bilgiler sunulmaktadır.

3.1. Mevcut Ürün Tasarım İncelemeleri

Farklı üreticilere ait kontrol panelleri araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucu İspanya'dan Grabysur, Fransa'dan Kannad Aviation ürünleri değerlendirilmiştir ve Amerika'dan stacosystems firmasının bir kontrol paneli temin edilip incelemeler yapılmıştır.



Şekil 2. Grabysur Ürünü

Stacosystems firmasına ait ışıklandırılmış kontrol paneli incelendiğinde aşağıdaki detaylar görülmüştür:



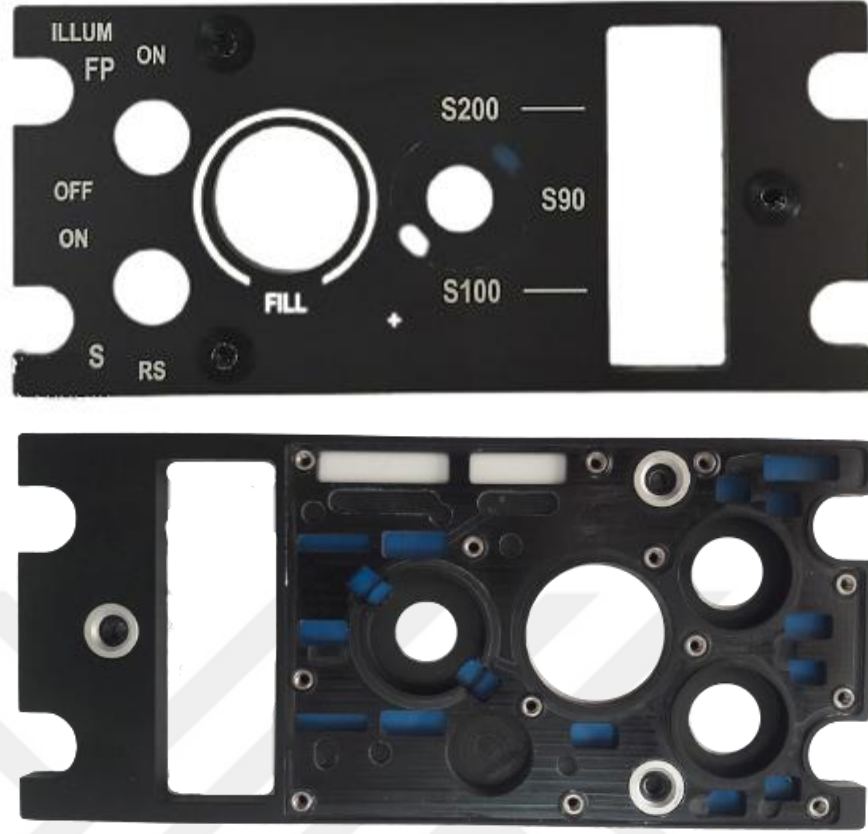
Şekil 3. Stacosystems Kontrol Paneli

- DZUS vida arayüzü kullanılmıştır.
- DZUS vidaların metal gövdeye çakıldığı belirlenmiştir. Ayrıca PMMA panel üzerinde DZUS vidalar için belirlenmiş boşluklar bulunmaktadır.



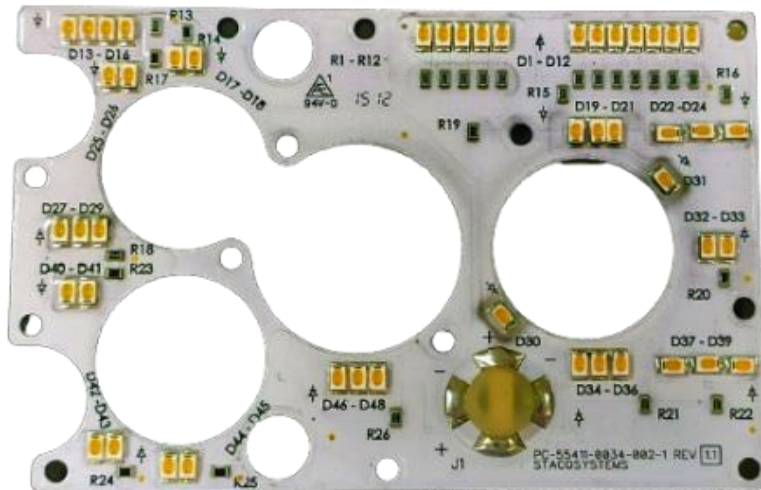
Şekil 4. Bir Kontrol Panelinde DZUS Uygulaması (D5 Panel Tipi)

- Bağlantılar için PMMA panel üzerinde açılan standart deliklerin metal insertler yardımıyla dış yapısına döndürüldükleri görülmüştür.



Şekil 5. PMMA Panel

- PCB ısıya dayanıklı PMMA malzeme içerisine gömülmüştür.
- Üründe kullanılan LED'ler SMD olarak seçilmiş olup hizalandıkları noktalarda boşaltmalar uygulanmıştır.



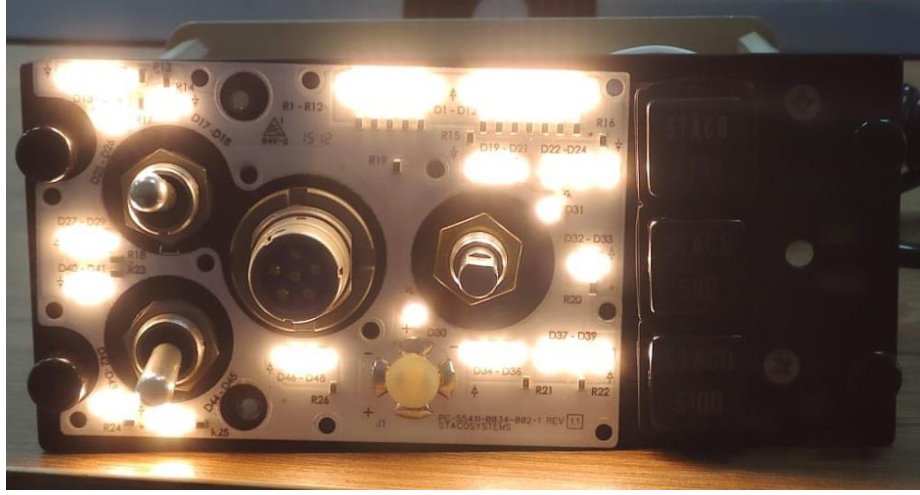
Şekil 6. Devre Kartı (PCB) – SMD LED'ler (sarı ile)

- Bu boşaltmalara aynı zamanda maskeleye işlemleri yapılmıştır.
- PCB, panele ışık kaybı yaşanmayacak şekilde ve sayıda cıvata ile bağlanmıştır.
- PCB'ye monte bir güç konektörü olduğu tespit edilmiştir. Bu konektör yapraklı ve pinli bir yapıya sahip olup sıkı geçme ile bağlanmaktadır. Güç konektörünün ön panel ile öpüşeceği noktadan sikon-kaucuk benzeri bir muhafaza içine gömülü olduğu ve PCB'ye lehimle bağlandığı gözlemlenmiştir.
- Arayüz konektörünün bir D-SUB olduğu görülmüştür. Ancak D38999 tipi bir konektörün daha güvenilir olacağı düşünülmüştür.
- Komponentler ve arayüz konektörü arasındaki bağlantılar havacılık sınıfı, 22AWG kablolar ile sağlanmıştır.
- Panel üzerinde bulunan devre kesicilerin (anahtar) ON-OFF switch oldukları görülmüştür. Devre kesicilerde herhangi bir kilit mekanizması görülmemiştir.



Şekil 7. Kontrol Paneline Önden Bakış

- Metal burçlar ile kontrol panelinin ön akrilik kısmının boyasının cıvata bağlantısı sonrasında zedelenmemesi hedeflenmiştir. Cıvatanın burca basarak akrilik ön panel ile sürtünmemesinden dolayı boyanın korunacağı ve devre kartı üzerindeki LED'lerden ışık sızıntısı olmayacağı anlaşılmıştır.



Şekil 8. PMMA Panel Olmaksızın Aydınlatılmış Kontrol Paneli

Aydınlatmalı kontrol paneli incelenirken mekanik ölçümler alınmıştır. Kullanılan malzeme türleri gözle belirlenerek alternatifler üzerinde çalışılmak üzere notlar alınmıştır.

3.2. Mekanik Malzeme Seçimleri

3.2.1. Gövde Malzemesi Seçimi

Panel üzerinde kullanılacak malzeme seçilirken avantaj ve dezavantaj değerlendirmesi yapılmıştır. Mukavim malzemeler kullanılmak istendiğinden metaller değerlendirilmiştir. Aşağıda verilmiş tablo ile savunma sanayiinde yoğunlukla kullanılmakta olan alüminyum metalinin özellikleri incelenmiştir.

Tablo 1. Alüminyum Genel Özellikleri

	ALÜMİNYUM (AL)
Ağırlık	Hafiftir.
Korozyon Direnci	Korozyon direncine sahiptir. Kaplama uygulamaları ile bu direnç artırılabilir.
Termal İletkenlik	205 W/mK
Maliyet	Uygun maliyet.
İşlenebilirlik	Yumuşak ve kolay biçimlendirilebilir yapı.
Kaynak	Çeliğe oranla kaynağı zordur.
Isıl Özellikler	Yüksek sıcaklıklarda yumuşaktır.
Elektriksel İletkenlik	Çok iyi bir iletkendir.

Tablo 1'e göre alüminyumun avantajları ile hava araçları sistemlerinde çalışmak için oldukça uygun olduğu görülmüştür. Diğer yandan hali hazırda hava araçlarında alüminyum malzemelerin yoğunlukla kullanıldığının bilinmesi de bu metali tercih sebebi haline getirmiştir.

Ancak farklı serilerde ve farklı ısı işlemlerde değişken özellikler göstermekte olan alüminyum için seri seçimi yapılması gerekmektedir. Havacılık uygulamalarında kullanılmak üzere seri belirlemek için aşağıdaki tabloda 5, 6 ve 7 serilerinden ürünler incelenmiştir. (Rambabu, P., Eswara Prasad, N., Kutumbarao, V.V., Wanhill, R.J.H., 2017)

Tablo 2. Yaygın Kullanılan Alüminyum Alaşımlarının Karşılaştırılması
(Alüminyum Mekanik Özellikler, 2023)

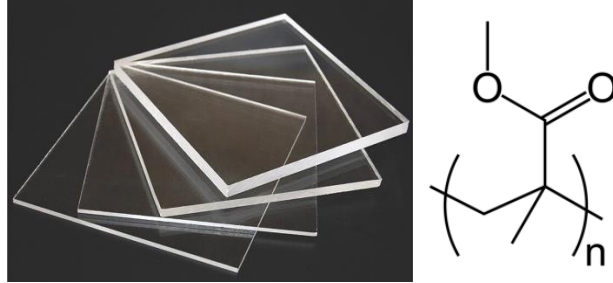
ALAŞIM	ÇEKME	AKMA	KESME	ELASTİSİTE
	DAYANIMI	DAYANIMI	MODÜLÜ	
	MPa	MPa	MPa	GPa
5052	193	90	124	70
6061	310	276	207	68,3
7075	572	503	331	72

6061 alüminyum alaşımının, oldukça hafif olması, mukavim yapısı ve aynı zamanda havacılık sektöründeki yaygın kullanımı dolayısı ile ulaşılabilir oluşu tercih sebebi haline getirmektedir. T6 ya da T651 ısı işlemi ile yaşlandırma uygulanan 6061 alüminyum alaşımı güçlenir ve mukavemetini artırır. (J. Hirsch, B. Skrotzki, and G. Gottstein, 2008)

3.2.2. Ön (Aydınlatmalı) Panel Malzemesi Seçimi

Kontrol paneli'nin aydınlatmalı olması gerektiğinden dolayı seçilecek malzemenin ışık geçirgen olması en temel özelliktir. Kırılgan yapısı dolayısı ile cam kullanılamayacağından mühendislik plastikleri kullanılmalıdır. Malzeme hava aracında kullanılacağından dolayı ağırlık ve yanmaya karşı olan dayanım ise diğer önemli parametreler arasında bulunmaktadır. Bu noktada Aydınlatmalı Kontrol Panelleri MIL-DTL-7788J standardında atıfta bulunulan MIL-P-5425D Isıya Dayanıklı Akrilik standardı ile ısı dayanımı ve ışık geçirgenliği yüksek akrilik (piyasa

adı ile plexiglass) levha kullanımı uygun bulunmuştur. Bu malzeme türü frezelemeye uygun olup kılavuz çekilebilir olmasından dolayı ve üstün optik geçirgenliğinden (%92 geçirgenlik ve %1-3 pusluluk değeri) dolayı da tercih sebebidir. (Akkurt, 2007)



Şekil 9. PMMA Levha ve Kimyasal Formülü

Tablo 3. Akrilik (PMMA) Malzeme Özellikleri
(Umar Ali, Khairil Juhanni Bt. Abd Karim, Nor Aziah Buang, 2015, vol.55, Issue 4)

	AKRİLİK (PMMA) ÖZELLİKLERİ
Özgül Ağırlık (gr/cm³)	1,19
Çekme Kopma Mukavemeti (MPa)	50 – 80
Çekme Elastiklik Modülü (MPa)	2700 – 3200
Çekme Kopma Uzaması	2 – 8 (%)
Çentik Darbe (N/mm)	2
Isıl İletkenlik (W/m.K)	0,13 – 0,2
Su Emme (%; 24 Saatte)	0,1 – 0,4
Işık Geçirgenliği (%)	92
Pusluluk (%)	1-3
Yanma Dayanımı	UL94 HB

UL94 HB: UL94, malzemelerin yangın dayanımını belirlemek için kullanılan bir test standardıdır. Bu standarda göre, malzeme bir alev kaynağına maruz bırakılır ve yanma davranışı belirlenir. HB sınıflandırması, malzemenin yavaş alevlenme özelliğine işaret eder ve bu nedenle daha az yangın güvenliği sağlar. (Yong Wang, Feng Zhang, Xilei Chen, Yang Jin, Jun Zhang, 2009)

3.2.3. Bağlantı Elemanları Seçimi

Kullanılacak bağlantı elemanlarının paslanmaz çelik olması gerekmektedir. Bu bağlantı elemanları panel ile komponentlerin bağlantısını sağlayarak şok, titreşim gibi mekanik gereksinimleri karşılaması beklenmektedir. Akrilik panel üzerindeki cıvata ara yüzlerinde dayanımı artırmak için insertler kullanılacaktır. Bu insertler metalik malzemelere presler ile çakılırken PMMA (akrilik) gibi malzemelere ise ısı işlemi ile birlikte çakılırlar. İlk olarak, metal insert uygun bir şekilde yerleştirilir ve akrilik malzeme etrafında bırakılan alan temizlenir. Daha sonra, ısı işlemi için bir ısı tabancası veya fırın kullanabilirsiniz. Insertin yapısına ve akrilik malzemenin kalınlığına bağlı olarak, ısı işlemi sıcaklığı değişebilir. Genellikle, akrilik malzeme yumuşadığında insert çakılır. Isıyı dengeli bir şekilde dağıtmak için insertin üzerine bir ısıtma plakası bırakılabilir veya havya ucu dokundurulabilir. Isı uygulandıktan sonra, insert hızlı bir şekilde yerleştirilir ve akrilik malzeme soğutulur. Bu işlem, insertin akrilik malzemeyle sıkı bir şekilde birleştirilmesini sağlar.



Şekil 10. Metal Insert Örneği

İncelenen kontrol panelinde görülmüştür ki aydınlatmalı akrilik ön panelin boyasının zarar görmemesi için yüzeye doğrudan dinamik bir yük bindirilmemekte. Bu yüzden akrilik panel üzerinde cıvatalar kullanılmamasına karşın pul ya da rondela yoktur. Yine de cıvatanın bastığı yüzeye pul görevi görecektir statik bir paça olan burç kullanılması uygun olduğu belirlenmiştir. Burç ile birlikte aynı zamanda belirli bir yüzey alanı kaplanarak burç için açılacak delikten dışarı sızma isteyecek ışık önlenecektir. Bu burçlar plastik malzemelere pres yardımı ile sıkı geçme ile takılmaktadır.



Şekil 11. Burç Örneği

4. TASARIM AŞAMASI

Kontrol paneli için belirlenmiş uygun malzemeler MIL-DTL-7788J Işıklıdırılmalı Kontrol Panelleri standardı ışığında belirlenmiş olup gereksinimler aşağıdaki başlıklar halinde detaylandırılmıştır.

4.1. Gövde ve Ön Panel

Gövde için MIL-DTL-7788J Işıklıdırılmalı Kontrol Panelleri standardında ön panel için kullanılacak olan malzeme tanımlanmıştır. MIL-DTL-7788J standardı içinde 1.2.1 Classes başlığı altında Class 1-NVIS Green A tanımı verilmiştir. Bu tanım ile ön panelin aydınlatmasının gece görüş uyumlu olması ve bu panelin dış renginin siyah olması gerektiği belirtilmiştir.

Gece görüş uyumlu olacak ışıklandırılmalı ön panel için MIL-P-5425D Isıya Dayanıklı Akırlık Levha standardı incelenmiştir. MIL-P-5425D, "Plastic Sheet, Acrylic, Heat-Resistant" adlı Amerikan askeri standardıdır. Bu standard, özellikle havacılık ve askeri uygulamalar için tasarlanmış sıcaklık dayanıklı akırlık plastik levhaların gereksinimlerini belirler. Standart, akırlık plastik levhaların üretiminde kullanılan malzemelerin, boyutların, toleransların, fiziksel özelliklerin, kimyasal ve sıcaklık dayanıklılıklarının yanı sıra işleme ve test yöntemlerini de belirtir. MIL-P-5425D standardı ayrıca, levhaların işaretlenmesi ile ilgili gereksinimleri de kapsar. (MIL-P-5425D, 1983)

Bu standard, askeri uçakların, helikopterlerin ve diğer havacılık uygulamalarının yanı sıra askeri araçların kontrol ve gösterge panelleri gibi uygulamalarında kullanılan akırlık plastik levhalar için gereksinimleri belirler. Bu standarda göre:

- Plastik levha; şeffaf akırlık malzemedен olmalıdır.
- Aksi belirtilmedikçe plastik levha renksiz olmalıdır.
- Aksi belirtilmedikçe en-boy toleransı $\pm 1.6\text{mm}$ (0.063 inç) olmalıdır.
- Akırlık levhanın bağıl yoğunluğu $1.19 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ olmalıdır.

- Ölçülerdeki değişim test edildikten sonra %1'den fazla çıkmayacaktır.
- Akrilik malzeme için sıcaklığa bağlı deformasyon; 12.7mm (0.5 inç)'in altındaki malzemeler için 85° ile 115° aralığında olmalıdır.
- Malzemenin gerilme mukavemeti 8000 PSI (55.2 MPa)'dan az olmayacaktır.
- Malzeme kırılma yapmadan önce uzama miktarı %2'den az olmayacaktır.
- Malzemede majör açı sapmaları bulunmayacaktır. Limitler yine MIL-DTL-7788J standardının içinde bulunan Tablo III'de verilmektedir.
- Lambalar ile akrilik panelin ön yüzü arasında minimum 0,762 mm olmalıdır.

Gövde metali için ise; MIL-DTL-7788J standardı, havacılık ve askeri uygulamalar için uygun olan alüminyum alaşımlarının gereksinimlerini belirlemektedir. Bu standardın kapsamı, alüminyum alaşımlarının çeşitli şekil ve boyutlarda olduğu kontrol paneli gövde malzemelerini de kapsamaktadır. Standardın amacı, alüminyum alaşımlarının belirli mekanik, fiziksel, kimyasal ve diğer özelliklerinin test edilmesi ve sertifikalandırılması yoluyla, bu malzemelerin havacılık ve askeri uygulamalarda güvenli ve verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamaktır.

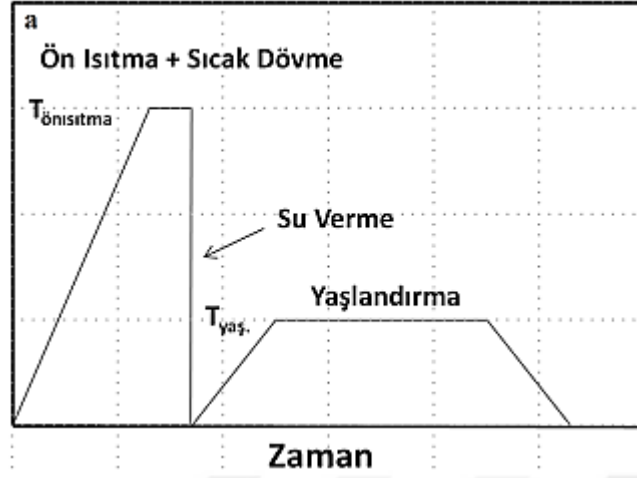
Gövde metalinin kaplama gereksinimlerinin belirlenmesi için ise MIL-DTL-5541F Alüminyum Alaşım Kaplamaları konulu standart belirlenmiştir. Kullanılacak alüminyumun serisi ve yapılması beklenen kaplamanın uygunluk değerleri yine bu standartta belirtilmiştir.



Şekil 12. Konsept Kontrol Paneli Tasarımı

Ana gövde olarak kullanılacak malzeme AL6061 olarak belirlenmiş olup T6 ısıl işlemden geçirilmelidir. T6 ısıl işlem yönteminde, iş parçası öncelikle çözünme sıcaklığının üzerine kadar ısıtılır ve belirli bir süre boyunca, parçanın kalınlığına bağlı olarak bekletilir. Ardından, hızlı bir şekilde suya verilerek doygun bir çözelti oluşturulur. Ardından, işlemi tamamlamak için yapay yaşlanma işlemi 160-190 °C

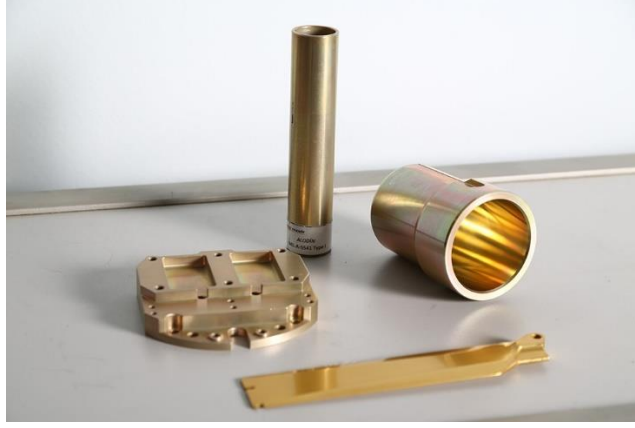
aralığında gerçekleştirilir. Şekil 12, T6 ısıl işlem adımlarını gösterir. (Akdi. S., Demirpolat H., 2019)



Şekil 13. Alüminyum İçin T6 Isıl İşlem Prosesi

Isıl işlem uygulanan malzeme işlendikten sonra yine MIL-DTL-5541F'de 1.2.2 Classes başlığında belirtilmiş Sınıf 1 sarı alodin kaplama yapılmalıdır. Kaplama yapılmadan önce alüminyum için bir hazırlık aşaması gerekmektedir. Bu hazırlık aşaması, yüzeyin kirlilik, oksitlenme ve yağ kalıntılarından arındırılmasını içerir. Bu adımlar, kaplama işleminin kalitesi ve yapışma özellikleri için önemlidir. Yüzey hazırlığı, genellikle uygun solventler, alkaliler ve asitler kullanılarak gerçekleştirilir. (H.A. Katzman, G.M. Malouf, R. Bauer, G.W. Stupian, 1979)

Bu kaplama, elektrokimyasal bir işlem olan alodinleme veya kimyasal bir işlem olan kromat kaplama yoluyla uygulanabilir. Sınıf 1 alodin, alüminyum yüzeylerin korunması için en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Bu kaplama, alüminyumun paslanmasını önlemek için bir koruyucu oksit tabakası oluşturur ve ayrıca boyalar ve diğer kaplamalar için iyi bir yüzey hazırlığı sağlar. Kaplama, karakteristik olarak sarımsı veya altın rengindedir. Bu renk, kaplama işleminde kullanılan kimyasalların ve işlem parametrelerinin bir sonucudur. Sınıf 1 alodin, askeri ve havacılık endüstrilerinde yaygın olarak kullanılır ve MIL-DTL-5541F standardına uygun olarak test edilir ve sertifikalandırılır. (MIL-DTL-5541F, 2009) (Hagans, Patrick L., Haas, Christina M., 1994)



Şekil 14. Sınıf 1 Sarı Alodin Kaplı Parça Örnekleri (EST, 2023)

Bu kaplama ile boya olmaksızın alüminyum malzemenin korozyona karşı maksimum dayanımı sağlanacaktır. Aynı zamanda alüminyum malzemenin elektriksel iletkenliği de korunarak topraklama gereksinimi sağlanmış olacaktır.

4.2. Mekanik İskelet Yapısı

Ön Aydınlatmalı Panel ve Gövde birbirine bağlandıktan sonra elektronik komponentlerin rijit kalabilmesini sağlamak için gövdenin ardına bir iskelet yapı oluşturulması sağlanmalıdır. İncelemeler ve araştırmalar göstermektedir ki bu yapı birden fazla şekilde oluşturulabilmektedir. Yapı yalnızca yükseltmeler kullanılarak ve bu yükseltmelere bağlanan bir plaka yardımı ile tamamlanabilecek olsa da elektromanyetik girişimden kaçınılmak (EMI) istendiğinde ise bir Faraday Kafesi oluşturmak adına kapalı kaynaklı bir yapı da oluşturulabilir.



Şekil 15. Yükseltme ve Plakalı Açık Örnek (FTGCorp, 2023)



Şekil 16. Kapalı Yapı Örnekleri (NuroICAS, 2023)

Her iki yapısında panel tipine ve gereksinim türlerine göre kullanılabilir olduğu görülmektedir. Burada değerlendirilmesi gereken en temel ve önemli faktörlerden biri ise hangi yapının panel genel ağırlığına ne kadar etkide bulunduğu.

4.3. Kokpit Bağlantı Elemanları – DZUS D5

Panel üzerinde standart metrik cıvata bağlantıları olmakla birlikte, ön panel üzerinde daha mukavim bir bağlantı elde etmek üzere insertler kullanılmalıdır. Panelin hava aracı ile borda panelinde yapacağı mekanik bağlantı arayüzü için DZUS D5 tip vidaların kullanılması gerektiği belirlenmiştir.

DZUS Bağlantı elemanları, literatürdeki adıyla DZUS Quarter-Turn Fastener, 1930'ların başlarında Ukraynalı göçmen William DZUS tarafından icat edilmiştir. Ortaya çıkan ürün spiral kesitli bir kamdan oluşmaktadır. Çeyrek turda bağlantı imkanı sağlayan bu vida tipi hızlı bir çözüm sunmaktadır. (Bern, Ronald Lawrence, 1961)

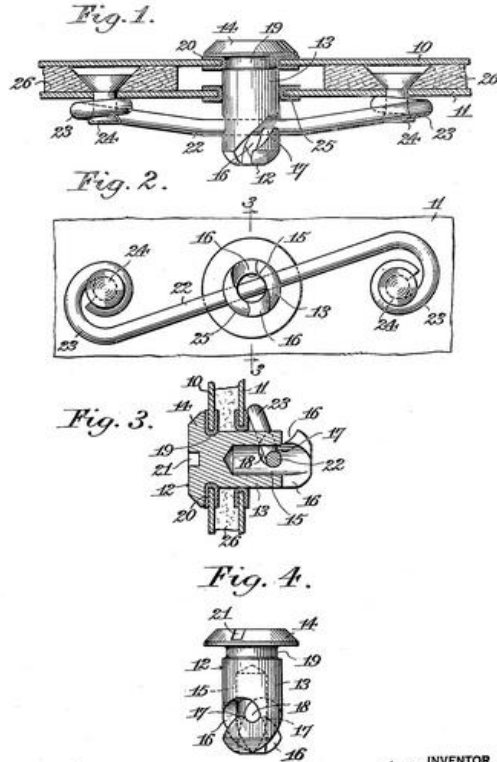
April 24, 1934.

W. DZUS

1,955,740

FASTENING DEVICE

Original Filed Sept. 15, 1931



WITNESS:—
Chas. Feinle.

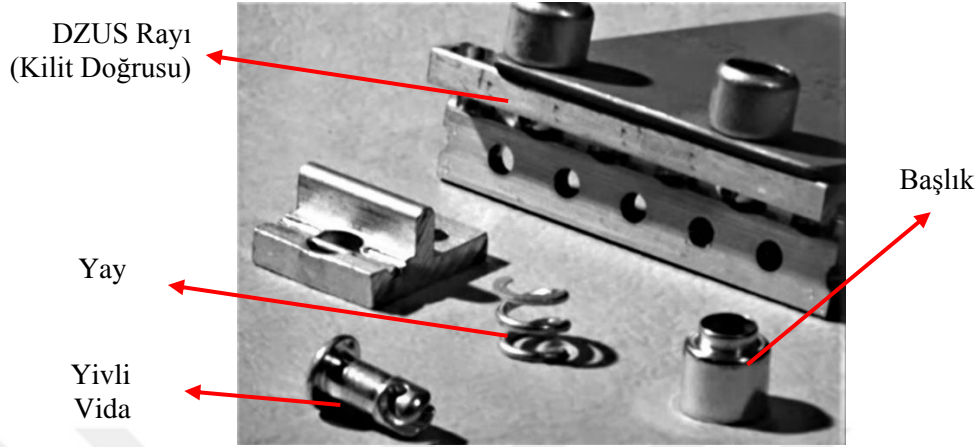
INVENTOR
William Dzus.
BY
Munroe
ATTORNEYS.

Şekil 17. DZUS Vida Patent Belgesi
(United States of America Patent No. U.S. Patent 1955740, 1934)

Bir çok türde olan bu bağlantı elemanlarının içinden kontrol paneli için en uygun olanının D5 panel tipi olduğu diğer uygulamalarda da görülmüş ve uygunluğu kanıtlanmıştır. Bu bağlantı elemanının temel özellikleri ve standart cıvatalara göre avantajları şunlardır:

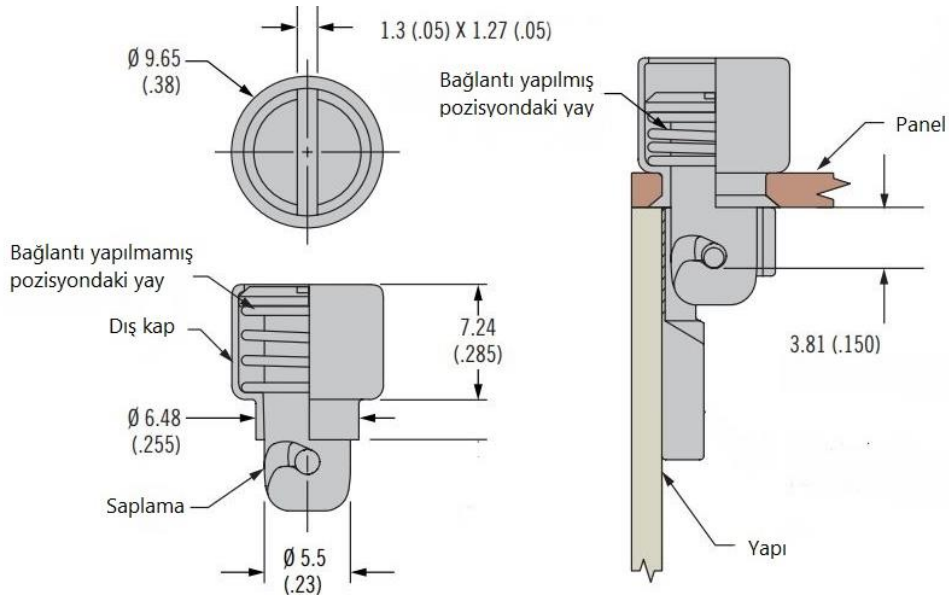
- Az kuvvet uygulanarak mukavim bir bağlantı elde eder,
- Geleneksel bağlantı elemanlarına göre dönüş sayısını minimize eder (Çeyrek tur; 90° dönüş ile bağlantı),
- Kolay ve hızlı bağlantı imkanı sağlar,
- Kilitli yapısı ile bağlantı sırasında yaşanan kayıpları önler (düşme vs.),
- Yaylı yapı ve bu yayın geriliminden dolayı sarsıntı ya da titreşimlere karşı dayanım sağlar,

- Kam şekli ve yivli yapısı ile yük altında kendi kendine çözülme görülmez; somun, pul ya da rondela gibi ihtiyaçları ortadan kaldırır.

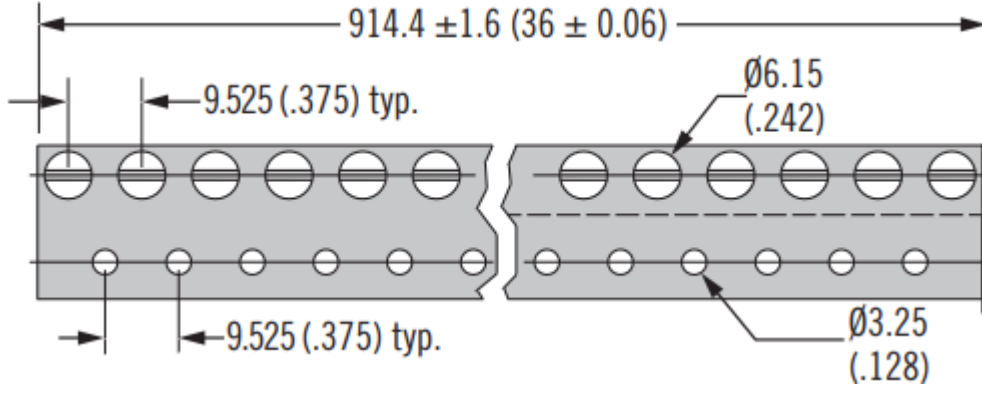


Şekil 18. DZUS D5 Demonte Görseli ve Panel Bağlantısı

Kontrol panelinin DZUS D5 tipi bağlantı elemanı ile bağlanması için hava aracı üzerinde uygun arayüz bağlantıları mevcuttur. DZUS rayı olarak bilinen bu bağlantı arayüzü ile alternatif bağlantı noktaları oluşturulmaktadır. Bu sayede kullanıcı paneli istediği seviyeye monte etmekte özgür olmaktadır. D5 panel tipi DZUS bağlantı elemanına ve karşılık gelen bağlantı raylarına dair boyutsal özellikler aşağıda verilmiştir:

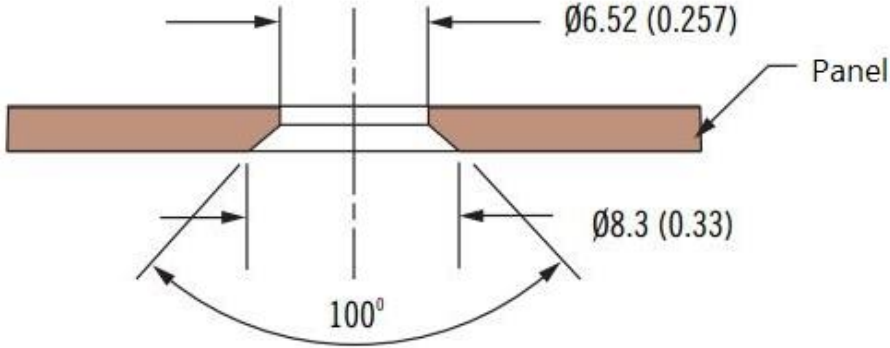


Şekil 19. DZUS D5 Boyutsal Özellikleri (Southco, 2022)

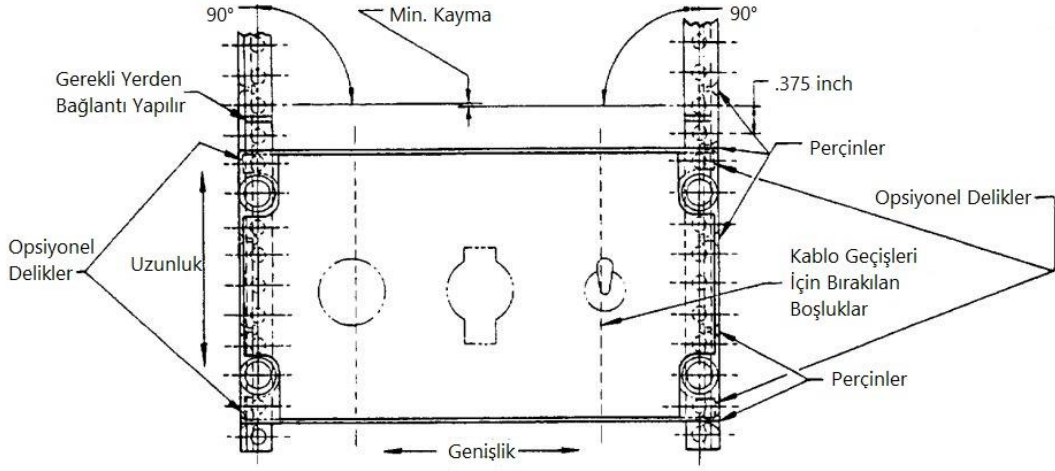


Şekil 20. DZUS Bağlantı Rayı (Southco, 2022)

Kontrol panelinin DZUS D5 tip bağlantı elemanı ile hava aracı arayüzüne bağlantısının sağlanması için gövde yapısının uygun et kalınlığında, açılacak matkap deliklerinin uygun çapta ve sonda yapılacak çakma işleminde tutunulacak yüzeyin uygun açılı pahta olması gerekmektedir. Ayrıca akrilik ön panelin gövde bağlantı noktasından olan uzaklığına kadar olan detaylar MS25212E ve MS25213E standardında verilmektedir. Buna göre uygun çakılma için gövde boşaltma arayüzü aşağıdaki gibi olmalıdır.



Şekil 21. Gövde Bağlantı Boşaltması, Et Kalınlığı ve Pah Açısı (Southco, 2022)



Şekil 22. DZUS-Hava Aracı Panel Bağlantısı Gereksinimleri (MIL-STD-25213E, 1993)



Şekil 23. DZUS Rayı, Hava Aracı Panel Bağlantı Arayüzü

Bu bağlantı elemanları için standart üretim yapan firmalar incelendiğinde 500 ila 2000 sefere kadar sökme takma ömrü sunulduğu görülmüştür. Aynı zamanda ülke içinde yerleştirme faaliyetleri gösteren firmalar olduğu da belirlenmiş ve başarılı örnekler incelenmiştir.

4.4. Elektriksel Arayüzler

4.4.1. Birim Ana Kartı (PCB)

- PCB taban malzemesi, IPC-4101/IPC-2221 gereksinimlerine uygun olmalıdır.
- İletken yollar PCB'nin kenarlarından minimum 1.27mm uzakta olmalıdır.
- MIL-I46058 standardına uygun koruyucu kaplama uygulanmalıdır. Kaplama LED

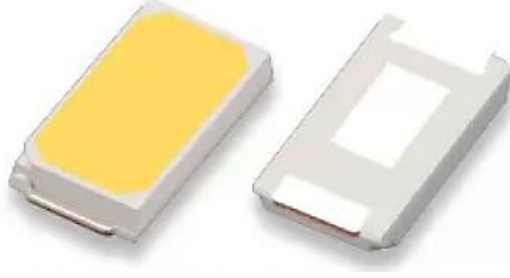
üzerlerine uygulanmayacaktır. MIL-I-46058. (1977). Inspection, Ultrasonic, Wrought Metals, Process for. Defense Technical Information Center. (01.12.2022)

- PCB'nin taban malzemesi opak siyah olmalıdır.
- PCB, 4-31VDC aralığında çalışabilir olmalıdır.
- PCB güç girişinde MIL-STD-704 gerilim dalgalanmalarına karşı önlem olarak regülatör kullanılması ön görülmüştür. (MIL-STD-704F, 2004)
- Devre elemanlarının birinde yaşanacak bozulma, arıza durumu devre bütününe çalışmasını etkilememelidir.

4.4.2. Gece Görüş Uyumlu Gösterge Işıklandırma LED'leri (NVIS)

Çalışma ile MIL-DTL-7788J'de de ele alınan askeri tipteki kontrol panelleri için MIL-STD-3009 Havacılık ve Uzay Sistemleri için Aydınlatma ve Görünürlük Kontrolü standardında tanımlanan NVIS Yeşil A tipi aydınlatmalar seçilmelidir. (MIL-STD-3009, 2001) MIL-STD-3009, uçak, helikopter, insansız hava araçları ve uzay araçları gibi havacılık ve uzay sistemlerinde kullanılan kontrol panelleri, göstergeler, ekranlar ve diğer aydınlatma unsurlarının tasarımı ve performans özelliklerini kapsar. Bu standart, uygun ışık düzeyleri, renk uyumu, kontrast oranları, görsel ergonomi ve diğer aydınlatma parametrelerini belirleyerek optimum görünürlük ve kullanılabilirlik sağlamayı amaçlar. Aynı zamanda MIL-L-85762'nin A sınıfı Gece Görüş Görüntüleme Sistemi (NVIS) uyumlu aydınlatma gereksinimlerini karşılayan aydınlatmaya sahip aydınlatmalar NVIS Green A tipidir. (MIL-L-85762, 1996)

Kontrol panelinin aydınlatmasını sağlamak için devre kartına entegre edilebilecek SMD LED'ler tercih edilmektedir. NVG (Night Vision Goggles) ve NVIS (Night Vision Imaging System) uyumlu SMD LED'ler, gece görüş cihazları tarafından kullanılan ışık spektrumuna uygun olarak tasarlanmıştır. Bu tür LED'ler, kırmızı veya yeşil gibi belirli dalga boylarında çalışan özel filtrelerle kaplanır. Bu filtreler, geleneksel beyaz LED'lerin ürettiği yüksek miktarda mavi ışık spektrumunu filtreler ve düşük seviyelerde kızılötesi veya yakın kızılötesi ışık yayarak, gece görüş cihazlarının algılaması için daha uygun hale getirir.



Şekil 24. SMD LED Fiziksel Yapı

NVG ve NVIS uyumlu SMD LED'ler, askeri uygulamalar gibi gece görüşünün kritik olduğu alanlarda yaygın olarak kullanılır. Bu tür LED'lerin diğer özellikleri arasında düşük güç tüketimi, yüksek verimlilik ve uzun ömür sayılabilir. Ayrıca, bu LED'lerin düşük sıcaklıkta çalışabilme özelliği de, havacılık ve savunma sanayisi gibi zorlu ortamlarda kullanım için uygun hale getirir.

SMD LED, Surface-Mount Device LED kısaltmasıdır ve küçük boyutlu LED'lerdir. Kontrol panellerinde tercih edilmesinin birkaç nedeni vardır:

- Küçük boyut: SMD LED'ler, geleneksel LED'lerden çok daha küçüktür ve bu nedenle kontrol panellerinde sınırlı alanlar için idealdir.
- Yüksek parlaklık: SMD LED'ler, küçük boyutlarına rağmen yüksek parlaklık seviyelerine sahiptirler. Bu, kontrol panelinin daha iyi görülebilir olmasını sağlar.
- Daha az güç tüketimi: SMD LED'ler, daha az güç tüketirler ve daha az ısı üretirler. Bu özellikleri sayesinde, kontrol panellerinde uzun süreli kullanıma uygun olurlar.
- Kolay montaj: SMD LED'ler, yüzey montaj teknolojisi (SMT) kullanılarak kolayca monte edilebilirler. Bu, üretim sürecinde maliyet tasarrufu sağlar.

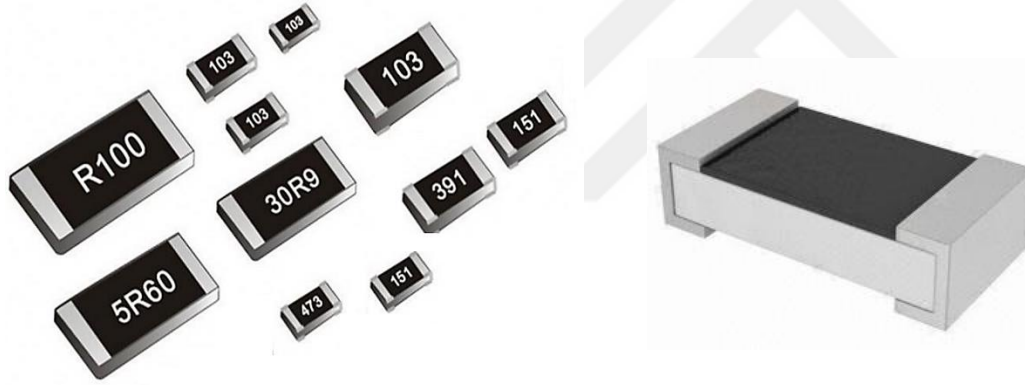
Kontrol panellerinde SMD LED'lerin kullanımı, bu panellerin daha iyi görülebilir, daha dayanıklı ve daha enerji verimli olmasını sağlar. Aşağıdaki tablo ile seçilen LED'in özellikleri ve renklere göre değerleri verilmiştir.

Tablo 4. LED Elektriksel Özellikleri

Operating Characteristics @ TA = 25°C			
Parameter	White LED	Green LED	Red LED
DC Forward Current	20 mA	20 mA	20 mA
Max. DC Forward Current (Continuous)	30 mA	30 mA	50 mA
Max. Peak Forward Current (1/10 Duty Cycle, 0.1 ms Pulse Width)	100 mA	100 mA	150 mA
Typical Forward Voltage @ 20mA	3.0 V	3.0 V	2.2 V
Max. Forward Voltage	3.5 V	3.5 V	2.8 V
Power Dissipation @ 20 mA	60 mW	60 mW	44 mW
Max. Power Dissipation	105 mW	105 mW	140 mW
Max. Reverse Voltage	- V	- V	5 V
Operating Temperature Range	-40°C to 100°C	-40°C to 100°C	-40°C to 85°C
Storage Temperature Range	-40°C to 100°C	-40°C to 100°C	-40°C to 85°C

4.4.3. Led Işık Şiddeti Ayar Dirençleri

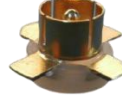
PCB’de kullanılacak NVIS SMD LED teknik özelliklerine göre direnç değeri belirlenmelidir. Bu dirençler küçük yapıları ile klasik dirençlere göre hacimden kazanç sağlamaktadırlar. Elle lehim işlemi zor gözükse de yeni nesil yüzey montaj teknolojileri -el değmeden- dizgi makineleri kullanılarak lehimlenmeleride oldukça kolaydır.



Şekil 25. SMD Direnç Örnekleri ve Fiziki Yapı

4.4.4. Elektriksel Güç Konnektörü

Ana standart incelendiğinde PCB’ye entegre edilecek güç birimi için MS90335-8 kodlu konnektörün uygun olduğu belirtilmiştir. Bu konnektöre dair detay tasarım öğeleri MIL-DTL-32385 standardında verilmektedir. Bu konnektör sistem arayüzünden gelen MS90335-3 konnektörüne bağlanacaktır. (MIL-DTL-32385, 2011)



Şekil 26. MIL-DTL-32385-8

Erkek konnektör panele gömülü olacak devre kartı içerisine entegre edilmektedir. Panelin bir ögesi haline gelen erkek konnektör dişi konnektör ile montajını en kaba tabiriyle sıkı geçme olarak yapısında bulunan yapraklar ve ortadaki pin'i ile sağlamaktadır.

Kontrol panellerinin bakımı ya da onarımı gibi durumlar söz konusu olduğunda bu konnektör ön panel arkasında konumlu olduğundan ve oldukça hassas olduğundan yerinin bilinerek davranılması gerekmektedir. Bu gibi durumlarda konnektörün zarar görmesini engellemek adına ön panelde bulunan akrilik üzerine tam konnektörün hizasında olacak bir "+" işareti markalanır. Bu sayede bakım ya da onarım yapacak teknisyen konnektörün konumu hakkında bilinç sahibi olarak hassasiyet gösterebilecektir.



Şekil 27. Örnek Kontrol Paneli Üzerindeki "+" İşareti

4.4.5. Sistem - Elektriksel Bağlantı Arayüzü Konnektörü:

D38999 tipi konnektör, askeri ve havacılık uygulamaları için özel olarak tasarlanmış bir elektrik bağlantı elemanıdır. Bu konnektör, sert ve zorlu ortamlar için dayanıklı, yüksek performanslı bir bağlantı çözümü sunar. D38999, hava ve uzay endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır ve bu endüstrinin ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanmıştır. Konnektör, yüksek titreşim, darbe, nem ve tuzlu su gibi zorlu çevre koşullarına dayanacak şekilde üretilir.

D38999 tipi konnektörler, farklı boyutlarda, plug ve soket tip olarak mevcuttur ve çok sayıda elektrik bağlantısı sağlamak için kullanılabilir. Genellikle, askeri uçaklarda,

helikopterlerde, uzay araçlarında, füzelerde, silahlarda, denizaltılarda ve diğer askeri uygulamalarda kullanılır.



Şekil 28. D38999 Tipi Konnektör

Bu konnektörler, yüksek güç, yüksek hızlı veri aktarımı, askeri standartlara uygunluk ve güvenilirlik gibi önemli özellikler sunar. Ayrıca, kolay montaj ve bakım özellikleri ile de tercih edilirler. Sisteme ve dolayısıyla hava aracı arayüzüne bağlanacak konnektör için askeri ve havacılık standartlarına uygun D38999 kodlu yuvarlak tip konnektörün kullanılması uygun bulunmuştur.

4.4.6. Kablaj

Sistem ve dolayısıyla kontrol paneli hava araçlarında kullanılmak için geliştirilen ürünler olduğundan kabloları da havacılık standartlarına uygun belirlenmelidir. İlk olarak; MIL-DTL-27500 tipi kablolar da bu kontrol paneli uygulamaları için değerlendirilmiş olup daha geniş bir uygulama yelpazesine sahip olduğu görülmüştür. Bu kablolar özellikle aşırı sıcaklık, nem, radyasyon gibi çevresel faktörlere maruz kalacak diğer askeri uygulamalar için tasarlanmıştır. (MIL-DTL-27500, 2018)

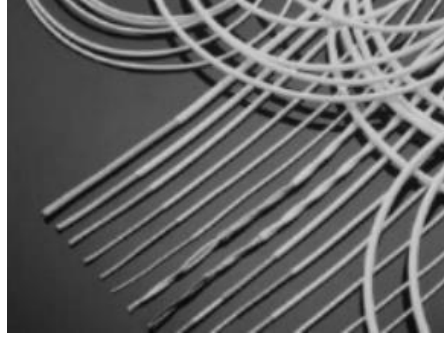
Seçim yapılırken malzeme yalıtımı, çalışma sıcaklık aralıkları, yanma dayanımı, ağırlık ve maliyet gibi birçok konuya dikkat edilmelidir. Bu anlamda en uygun görülen iki tip kablardan biri SPEC 55 diğeri ise SPEC 44 olmuştur. (Tyco Electronics, 2015)

Tablo 5. Spec 44 ve Spec 55 Kabloların Karşılaştırması

Özellikler	SPEC 44	SPEC 55
İzolasyon Malzemesi	Polietilen (PE)	Cross-Linked Polyalkene (XL-PE)
İletken Malzemesi	Bakır	Gümüş Kaplı Bakır
Nominal Gerilim	300 V	600 V
Nominal Sıcaklık Kapasitesi	-55°C ila 125°C	-65°C ila 200°C
Yanma Davranışı	60 saniyede söner. – Yanma önleyici yoktur.	60 saniyede söner. – Yanma önleyici vardır.
Kütle	3.9 kg/km	3.8 kg/km
Standart	MIL-W-22759	MIL-W-22759/SAE-AS22759

Her iki kablo da yüksek kaliteli havacılık uygulamaları için tasarlanmıştır, ancak SPEC 55 daha yüksek sıcaklık kapasitesi, gümüş kaplı iletken malzemesi ve daha uzun yanma süresi gibi bazı özellikleriyle daha üstündür. Ayrıca:

- SPEC 55 kablolar daha iyi yangın performansına sahip ve FAA'nın tüm uçaklarda kullanılması için onayladığı tek kablodur.
- Spec 55 kablo, Spec 44 kabloya göre daha yüksek bir yanma dayanımına sahiptir. Alev yayılımı ve maksimum yanma hızı daha düşüktür ve alevsizleştirici madde (zero halogen) içerir. Ancak, her iki kablo da UL VW-1 yanma testini geçmiştir. UL (Underwriters Laboratories) adlı bir kuruluş, UL 94 standartlarına göre UL VW-1 testlerini gerçekleştirir. UL VW-1 (Vertical Wire) testi, kablonun ve telin yanma performansını ölçen bir standarttır ve kablonun veya telin yanmama süresini, alevle temas anında verilen gazların miktarını ve duman çıkışını ölçer. (UL-LLC, 2021)
- Bu test, birçok endüstride kullanılan standart bir testtir ve kablo veya tellerin yangın güvenliği performansını ölçmede önemli bir rol oynar.
- Lazer markalama yapılabilmesi kabloların montajını yapacak teknisyen için rahatlık sağlar.

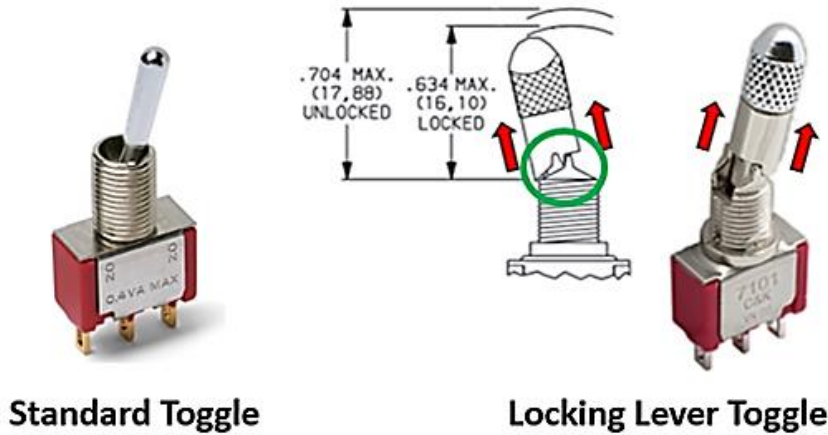


Şekil 29. SPEC 55 Kablo

Her iki kablo da yüksek kaliteli havacılık uygulamaları için tasarlanmıştır, ancak SPEC 55 daha yüksek sıcaklık kapasitesi, gümüş kaplı iletken malzemesi ve daha uzun yanma süresi gibi bazı özellikleriyle daha üstündür. (Kiser, 2015)

4.4.7. Devre Kesiciler (Anahtarlar)

Devre kesiciler, kontrol panellerinde sıklıkla kullanılan bir tür anahtardır. Bu tür anahtarlar, bir devreyi açıp kapamak için mekanik olarak çalışırlar. Bu eleman sistem için hayati önem taşımaktadır. Çünkü tüm devreye elektrik geçişinin ve dolayısı ile kontrol panelinin çalışmasını sağlayan başlatıcı görevindedir. Bundandır ki kritik bir ekipmanın yanlışlıkla açılmasını ya da kapatılmasını önlemek için kilitli tip devre kesiciler kullanılmaktadır. Bu tip devre kesicilerde anahtar yalnız iki yönlü olarak hareket etmez. Devre kesici kullanıcıya doğru çekilip bırakılarak ilk hareket verilir. Bunlara ek olarak güvenlik barındırmayan anahtarlar için yanlışlıkla çarpmaya yönelik koruyucu kapak ya da barlar yapılabilmektedir.



Şekil 30. Devre Kesiciler ve Kilit Bilgisi (ing.Toggle Switch) (CKSwitches, 2021)

4.4.8. Sesli İkaz Cihazları

Havacılık kontrol panellerinde sesli ikaz cihazları (ing.buzzer), sesli uyarı sağlamak için kullanılan elektromekanik bir cihazdır. Genellikle alarm durumlarında veya belirli bir olayın gerçekleştiğinde uyarı vermek için kullanılır. Bu olaylar, motor veya sistem arızaları, güvenlik tehditleri, test başlangıç bitiş durumları veya belirli bir kritik seviyenin altında düşen şeylerin bildirim olabilir. Buzzerlar, farklı ses seviyelerine ve tonlarına sahip olabilir ve ses seviyeleri, özellikle gürültülü ortamlarda duyulabilmesi için oldukça yüksek olabilir. Ayrıca, bazı buzzerlar farklı renklerde yanıp sönen LED'lerle birlikte gelir ve bu da görsel bir uyarı sağlar.

Havacılık endüstrisi, güvenlik ve işletme açısından önemli bir rol oynadığından ve hava aracı kokpitleri genellikle gürültülü olduğundan buzzerların yüksek performanslı ve güvenilir olması önemlidir. Havacılık tipi kontrol panellerinde ise panel tipi buzzer'lar tercih edilmektedirler. Bu tip buzzer'lar kendi somunlarını beraberinde barındırdığından kolay montajlanabilirler.



Şekil 31. Panel Tipi Buzzer Örnekleri

4.5. Mekanik Tasarım Çalışmaları

Temin edilerek incelenen kontrol panelleri, standartlar ve diğer akademik çalışmalar doğrultusunda; mekanik ve elektriksel arayüzler, malzeme seçimleri, bağlantı türleri, bağlantı elemanları belirlendikten sonra ve kavramsal tasarım aşamasının sonlanması ile kritik mekanik tasarım çalışması yapılmıştır. Mekanik Tasarım yapılırken 3D CAD yazılımlarından faydalanılmıştır. Dassault Systems'in CATIA programlarından destek alınmış olup nihai tasarım CATIA ortamında Part Design ve Assembly Design modülleri kullanılarak tamamlanmıştır. (Scan2CAD, 2023) (Song, 2022)

Konsept tasarım ve ardından detay tasarım araştırma ve bulgular sonucunda bir anahtar ve bir sesli ikaz cihazına sahip olacak tipte bir kontrol paneli modelinde karar kılınmıştır. Senaryoda panelin bir sistemi aktifleştirip deaktifleştireceği durum göz önüne alınacaktır. Kullanılacak anahtar iki pozisyonlu olarak tercih edilmiştir. Anahtarın pozisyonları “ON” ve “OFF” komutları için kullanılacak olup; anahtarın konumu aşağıda iken “OFF”, yukarıda iken ise “ON” sinyali göndermesi beklenmektedir. Anahtarın “ON” konumuna getirilmesi ile sesli ikaz cihazı da aktifleşecektir. Çarpma ve hızlı karar alımı sonucu oluşabilecek hatalı aktifleştirme durumlarının yaşanmaması ve pilota doğru tercih zamanı tanınması için anahtar üzerine koruyucu kapak montajı yapılmıştır.

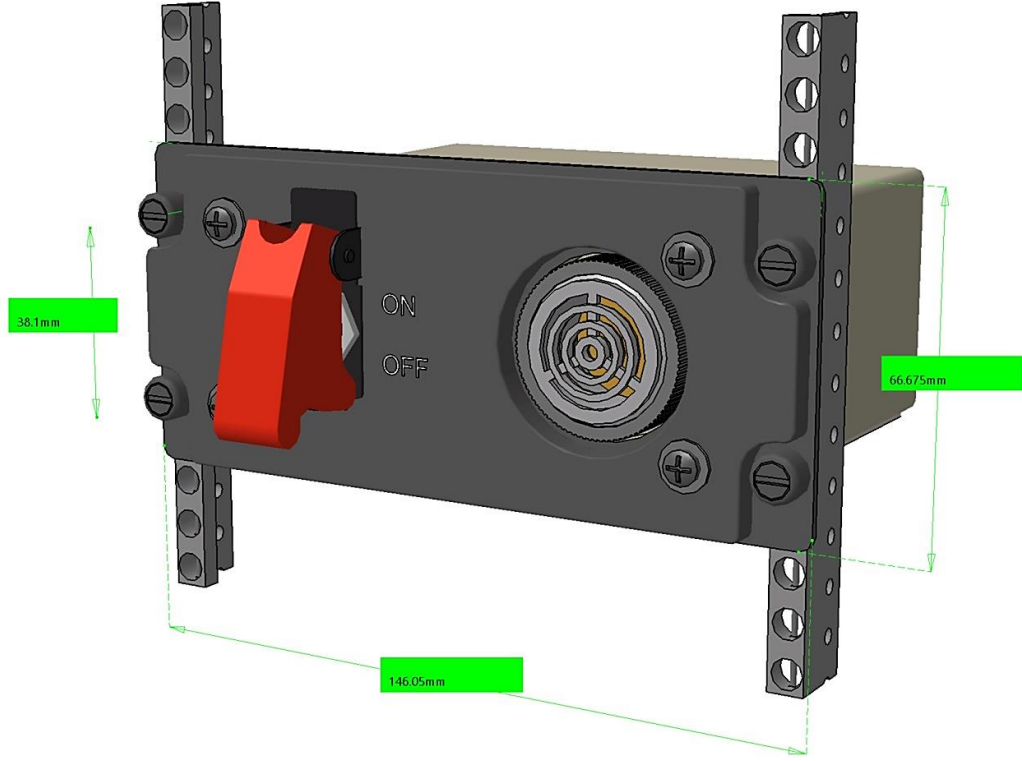


Şekil 32. Anahtar Konumları ve Komutlar

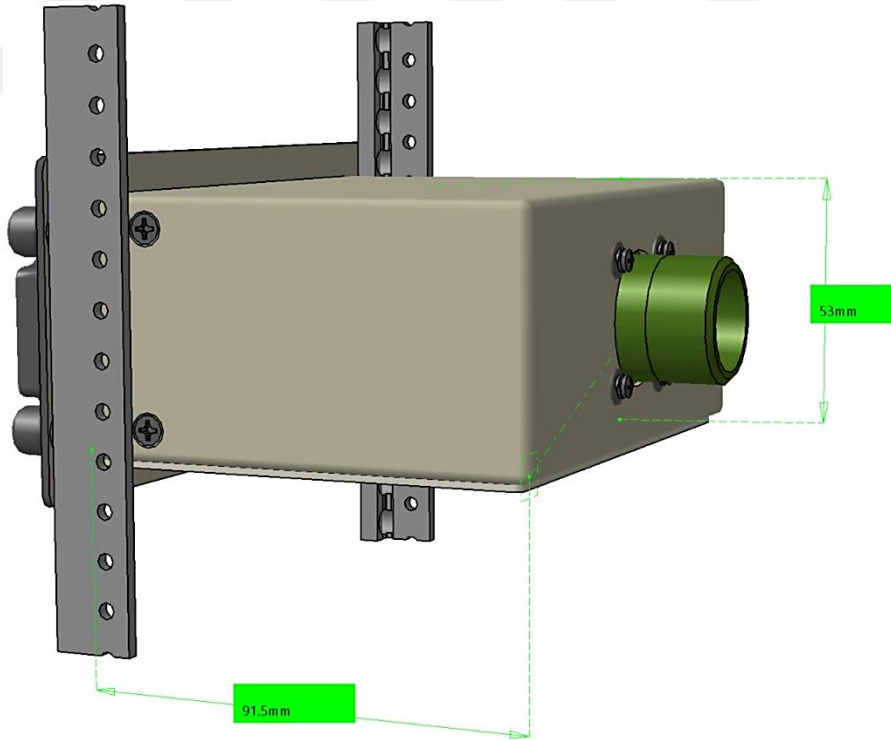
4.5.1. Panel Genel Yapı

Panel tasarımı yapılırken tüm ölçülendirmeler MIL-DTL-7788J dikkate alınarak verilmiştir. İnç olarak verilen ölçüler metrik değerlere dönüştürülürken 1 inç=25.4mm eşitliği gözetilerek hesaplanmıştır. Buna göre tasarlanan panelde seçilen anahtar ve sesli ikaz cihazının boyutları düşünülerek iki DZUS D5 civata arasındaki uzaklık 38.1mm olarak belirlenmiştir. Bu değer ile kokpite bağlı DZUS rayından 7 adet bağlantı deliği işgal edilmektedir.

Alüminyum gövdeye çakılacak DZUS D5 vidalar için açılan arayüzlerdeki pahların 100° olmasına dikkat edilmiştir. Gövde ve akrilik aydınlatmalı ön panel seçilirken et kalınlıkları ve en boy ölçüleri sınır değerler içerisinde tutulmuştur.



Şekil 33. Kontrol Paneli Genel Yapısı (Önden Bakış)



Şekil 34. Kontrol Paneli Genel Yapısı (Arkadan Bakış)

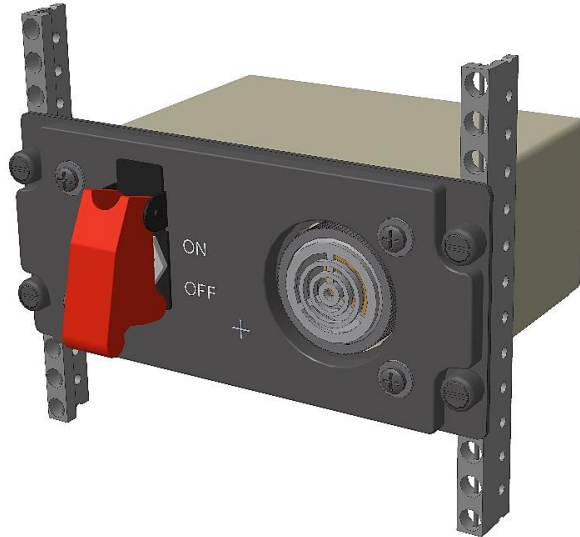
Kontrol panelinin aydınlatmalı ön panel, gövde ve elektronik birimleri aynı olacakken arkada bulunacak arayüz konnektörü ve iç elektronik yapıyı bağlayacak iki farklı tasarım ortaya çıkmıştır. İlk tasarımda panelin arka bölgesi alüminyum bir yapı ile tamamen kapatılarak elektromanyetik girişimin önüne geçmek hedeflenmiştir. İkinci tasarım ile ise bakım kolaylığı ve ağırlık kazancı hedeflenmiştir.

4.5.2. Kapalı Yapılı Tasarım

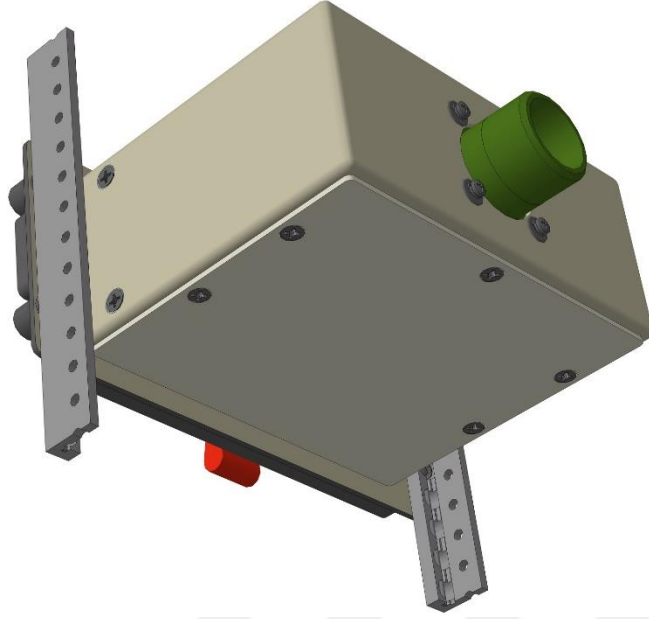
İlk tasarımda gövde yapısına bağlanan bir kapama kasa yapısı ve bir adet bakım kapağı bulunmaktadır. Kasa yapısı 1,5mm sacdan büküm olup açık kalan kısımların kaynak yardımı ile kapatılması sağlanmıştır. Kasa, gövde üzerinde bulunan dört adet havşa başlı civata ile bağlanmaktadır.

Kasa yapısı ile sistem arayüz konnektörü, arka yüzeyde bulunan bağlantı noktalarından kasaya sabitlenerek panelin hava aracı ile hem güç hem de veri aktarımı yapmasını sağlamaktadır.

Kasa yapısının tamamen kapalı olmamasının sebebi bakım kolaylığının da sağlanmak istenmesidir. Bu yüzden ki kasa yapısının bir yüzeyi açık bırakılmış olup burası için bir kapak tasarımı yapılmıştır. Bu kapak kasa yapısına beş adet noktadan havşa civatalar ile bağlanmaktadır. Sacın 1.5mm olmasından dolayı dış açılmayacağından uygun metrikte insertler çakılmıştır. Kapak üzerinden atılan civatalar kasaya çakılan bu insertler vasıtasıyla tutulmaktadır.



Şekil 35. Kapalı Yapı (Önden Bakış)



Şekil 36. Kapalı Yapı (Alttan Bakış)

4.5.3. Açık Yapılı Tasarım

İkinci tasarımda yine temel olarak gövde seçilmiştir. Ancak hem ağırlıktan kazanç hedeflenmiş olup hem de bakım kolaylığı ön plana çıkarılmıştır. Bu noktada sistem arayüz konnektörünü tutacak bir plaka ihtiyacı doğmuştur. Bu plaka kontrol paneli gövdesine yükseltmeler yardımı ile bağlanmaktadır.

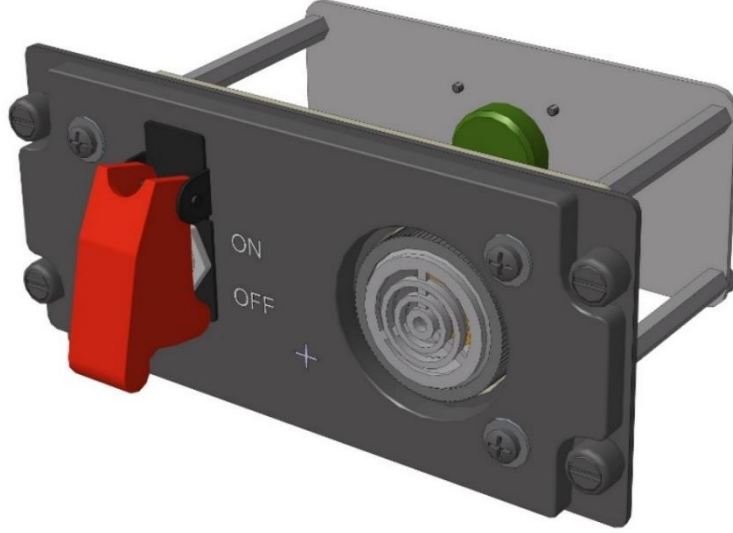
Gövde ve plakayı bağlayacak yükseltmeler erkek dişi tipte hazır ürün yükseltmeler olabileceken aynı zamanda altıköşe çubuklara boşaltmalar ve diş açılarak da elde edilebilir.



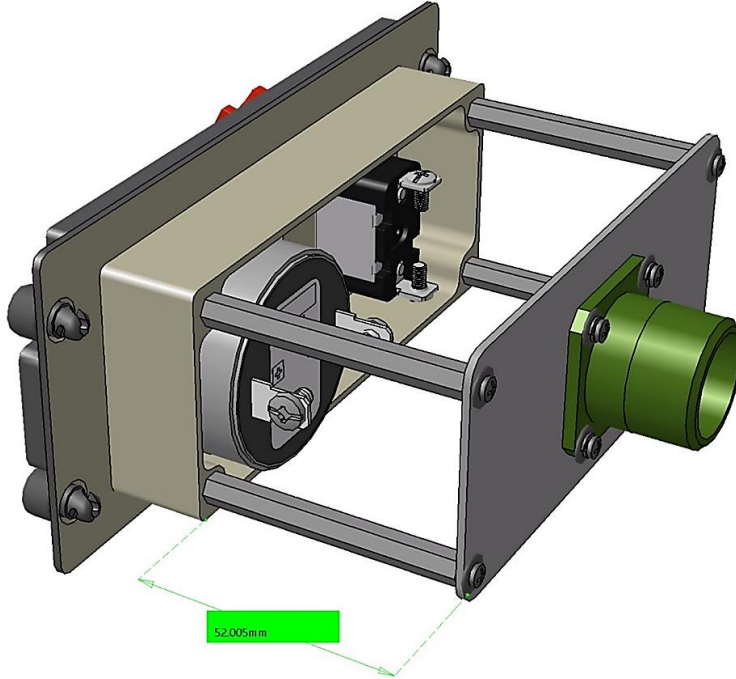
Şekil 37. Hazır Parça Yükseltmeler



Şekil 38. Altıköşe Alüminyum Çubuk



Şekil 39. Açık Yapı (Önden Bakış)



Şekil 40. Açık Yapı (Arkadan Bakış)

5. GECE GÖRÜŞ UYUMU

5.1. Gece Görüş Sistemleri

Gece görüş sistemleri, düşük ışık seviyelerinde veya karanlık ortamlarda görüş kabiliyetini artırmak için kullanılmaktadır. Bir çok sistem farklı teknolojiler kullanır. Yaygın olarak kullanılan bazı gece görüş teknolojileri:

- **Işık Yükseltme:** Işık yükseltme teknolojisi, düşük ışık seviyelerindeki nesnelere algılamak ve görüntülemek için kullanılır. Bu sistemlerde, algılayıcılar zayıf ışık kaynaklarından gelen ışığı artırır ve daha net bir görüntü elde edilir. Işık yükseltme cihazları (Image Intensifier) bu amaçla kullanılan popüler bir teknolojidir.
- **Termal Görüntüleme:** Termal görüntüleme teknolojisi, nesnelere sıcaklık farklılıklarını algılamak ve görüntülemek için kullanılır. Bu sistemlerde, nesnelere yaydığı termal enerjiyi algılayan termal kameralar veya sensörler kullanılır. Termal görüntüleme, ışık seviyesinden bağımsız olarak çalışabilir ve hedeflerin sıcaklık farklılıklarına dayalı olarak görüntü sağlar.
- **Aktif Kızılötesi:** Aktif kızılötesi sistemler, kızılötesi ışık kaynakları kullanarak nesnelere aydınlatır ve bu ışığı algılayarak görüntü oluşturur. Bu sistemlerde genellikle kızılötesi lazerler veya LED'ler kullanılır. Aktif kızılötesi sistemler, daha uzun mesafelerde görüş kabiliyeti sağlayabilir ancak düşman tarafından algılanma riski taşırlar.
- **Gece Görüş Gözlükleri (NVG):** Gece görüş gözlükleri, düşük ışık seviyelerinde veya karanlık ortamlarda görüş kabiliyetini artıran taşınabilir cihazlardır. Bu gözlükler genellikle Işık Yükseltme veya Termal Görüntüleme teknolojilerini kullanır ve kullanıcının gözlerine takılır. Askeri, güvenlik ve gece avcılığı gibi birçok alanda kullanılmaktadırlar.

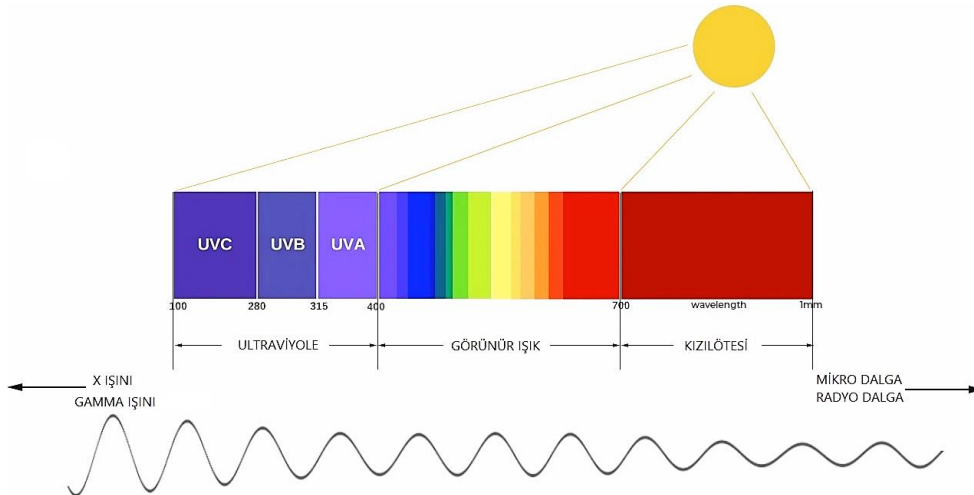


Şekil 41. Gece Görüş Gözlükleri ve Görüntüsü

Bu teknolojilerin her birinin farklı avantajları ve uygulama alanları bulunmaktadır. Seçilen teknoloji, kullanım amacına, bütçeye ve çevresel koşullara bağlı olarak değişebilir. (Chrzanowski, 2013)

5.2. Askeri Kontrol Panellerinin Gece Görüş Uyumu

Askeri sistemlerde gece görüş uyumunun amacı, askeri personelin kendisinin kullanımına verilmiş sistemleri düşük ışık koşullarında etkin bir şekilde yönetmesine yardımcı olmaktır. Özellikle gece uçuşlarında askeri personelin dışarıda ve hava aracında bulunan diğer ışıklı cisimleri algılayabilmek için adaptasyon süreci neredeyse yarım saati bulmaktadır. (Kurt, 2009)



Şekil 42. Görülen ve Görülemeyen Işık Spektrumu

Askeri hava araçlarında ve diğer özel uygulamalarda gece görüş uyumlu sistemler kullanılmakta olup düşük ışık koşullarında optimum görüş sağlamak için tasarlanmışlardır. Bu sistemler hem sivil hem de askeri maksatlı olabilmekte olup MIL-DTL7788J standardı ile bu ayırım belirgin bir şekilde yapılmıştır. Standarda göre askeri maksatlı kullanılacak kontrol panelleri “Class 1 NVIS Green A” başlığı altında toplanmıştır. Bu başlık ile kontrol panellerinin aydınlatmalı panellerinin altına yerleştirilecek ışık rengi olarak -basitçe- yeşil hedef gösterilmektedir. Bununla kontrol panellerinin askeri gece görüş sistemleri ile uyumlu çalışması amaçlanmıştır. Aynı zamanda gereksinimler de tanımlayan standart; panellerin aydınlatma özellikleri, renk uyumu, kontrast oranı, dağılımı ve parazit etkileri gibi konuları kapsamaktadır.

NVIS Green A uyumlu paneller, uygun renk spektrumu ve aydınlatma düzeyini sağlayarak personelin gözlerini yormadan ve gece görüş yeteneklerini koruyarak çalışmalarını sağlar.

Bahsedilen -gece görüşünde- uyumlu rengin belirlenmesi için bir grafik kullanılmalıdır. Yaygın kullanılan ana grafik olan; CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) diyagramı, farklı ışık kaynaklarının renklerini ve görsel algılarını temsil etmek için kullanılan bir grafikdir. Gece görüşü ise düşük ışık koşullarında görsel algılama yeteneğidir. CIE diyagramı, insan gözünün farklı dalga boylarındaki ışığı nasıl algıladığını gösterir. Diyagram, x ve y eksenindeki koordinatları kullanarak renkleri temsil eder. Bu diyagramda, gece görüşü için önemli olan dalga boyları daha çok mavi-yeşil bölgeye yakın yer alır. Gece görüşü, özellikle kızılötesi (IR) ışığın kullanıldığı durumlarda önemlidir. İnsan gözü kızılötesi ışığı doğrudan algılamaz, ancak belirli dalga boylarındaki kızılötesi ışık görülebilir hale getirilebilir. Bu sayede gece görüş cihazları, kızılötesi ışığı algılayabilir ve görüntüleyebilir. CIE diyagramı, gece görüş teknolojilerinin tasarımında ve ayarlamasında kullanılabilir. Dalga boyları ve renkler arasındaki ilişkiyi göstererek, doğru renk filtreleri ve aydınlatma kaynakları seçiminde rehberlik eder. Örneğin, kızılötesi aydınlatmanın kullanıldığı gece görüş kameraları, CIE diyagramında kızılötesi bölgeye denk gelen dalga boylarını kullanır. (Ohno, Y., 2000) (Polat, 2012) (John Wiley & Sons, Inc., 2007)

Hava araçlarında, kontrol panelinde ve belirlenmiş mürettebat alanlarında aydınlatılan bilgilerin (alfanumerik ve sembolik) renkleri, ilgili bileşen için burada belirtilenlere uygun olmalıdır. Bu aydınlatma renkleri ve sınırları kromatiklik diyagramında

gösterilir Ve "NVIS Green A," "NVIS Green B," "NVIS Yellow," "NVIS Red" Ve "NVIS White" olarak belirlenir. Bu renklere ve renk sınırlarına uyum, aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$(u' - u'1)^2 + (v' - v'1)^2 \leq (r)^2$$

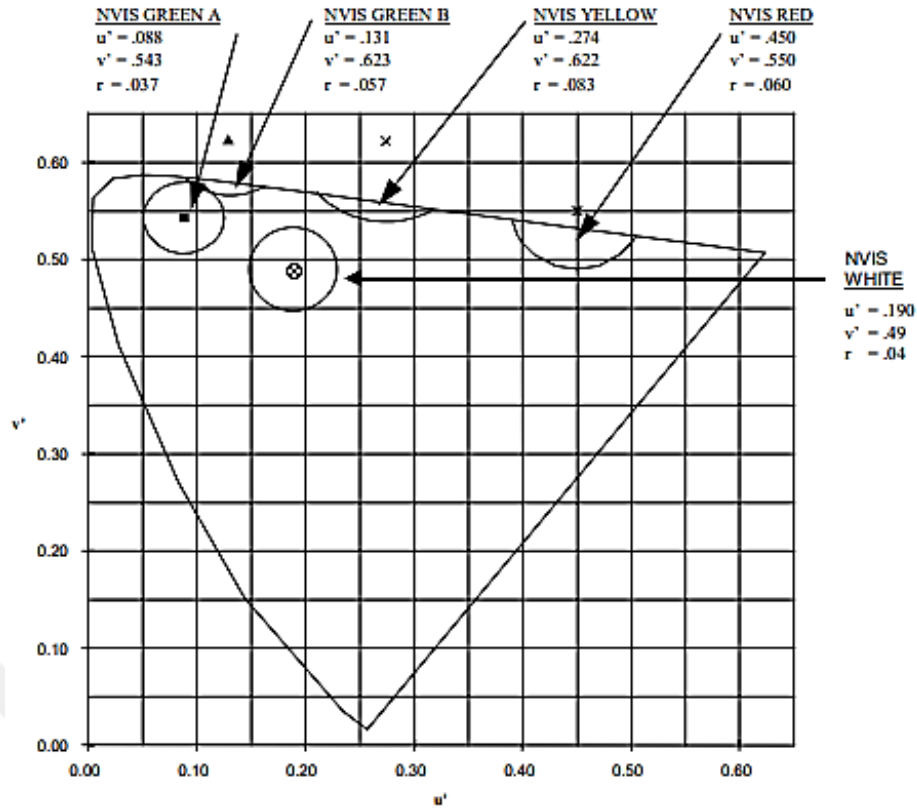
Burada:

u' ve v' Test ögesinin 1976 UCS(Uniform Color Space) kromatiklik koordinatları.

$u'1$ ve $v'1$ Belirtilen renk alanının merkez noktasının 1976 UCS kromatiklik koordinatları.

r Belirtilen renk için 1976 UCS kromatiklik diyagramındaki izin verilen dairenin yarıçapı.

Kontrol panelleri, ekranlar, konsollar ve radyo kontrol plakaları için aydınlatma sisteminin kromatikliği Şekil 42'deki gibi olmalıdır. Tablo 6'da belirtilen parlaklık seviyesinde, u' ve v' kromatiklik koordinat değerleri Şekil 42'de gösterilen daire tarafından sınırlanmış alanda olmalıdır. Aydınlatma rengi, Tablo 6'da belirtilen parlaklık seviyesinde olmalıdır. u' ve v' kromatiklik koordinat değerleri şekilde gösterilen daire tarafından sınırlanmış alanda olmalıdır.



Şekil 43. CIE Renklilik Diyagramı (NVIS Renk Sınırlarını Göstermektedir) (1931) (MIL-STD-3009, 2001)

Tablo 6. Kromatiklik Tablosu (MIL-STD-3009, 2001)

Lighting component(s)	Para.	TYPE I					TYPE II														
		Class A		Class B			Class A		Class B												
		u'_1	v'_1	r	cd/m ² (fL)	NVIS Color	u'_1	v'_1	r	cd/m ² (fL)	NVIS Color	u'_1	v'_1	r	cd/m ² (fL)	NVIS Color					
Primary	4.3.4.1	.088	.543	.037	0.343 (0.1)	Green A	Same as Class A	.088	.543	.037	0.343 (0.1)	Green A	Same as Class A								
Secondary	4.3.4.2	.088	.543	.037	0.343 (0.1)	Green A		.088	.543	.037	0.343 (0.1)	Green A									
Illuminated controls	4.3.4.3	.088	.543	.037	0.343 (0.1)	Green A		.088	.543	.037	0.343 (0.1)	Green A									
Compartment lighting	4.3.4.4	.088	.543	.037	0.343 (0.1)	Green A		.088	.543	.037	0.343 (0.1)	Green A									
Utility, map, work, and inspection	4.3.4.5	.088	.543	.037	0.343 (0.1)	Green A		.088	.543	.037	0.343 (0.1)	Green A									
	4.3.4.5	.190	.49	.04	0.343 (0.1)	White		.190	.49	.04	0.343 (0.1)	White									
Caution and advisory signals	4.3.4.6	.088	.543	.037	0.343 (0.1)	Green A		.088	.543	.037	0.343 (0.1)	Green A									
Jump lights	4.3.4.7	.088	.543	.037	17.2 (5.0)	Green A		.088	.543	.037	17.2 (5.0)	Green A									
		.274	.622	.083	51.5 (15.0)	Yellow		.274	.622	.083	51.5 (15.0)	Yellow									
Special lighting components where increased display emphasis by highly saturated (monochromatic) color is necessary, or adequate display light readability cannot be achieved with "GREEN A"	All of the above	.131	.623	.057	0.343 (0.1)	Green B		.131	.623	.057	0.1	Green B									
Warning signal	4.3.4.8.1	.274	.622	.083	51.5 (15.0)	Yellow	.274	.622	.083	51.5 (15.0)	Yellow	.274	.622	.083	51.5 (15.0)	Yellow					
		NOT APPLICABLE						.450	.550	.060	51.5 (15.0)	Red	NOT APPLICABLE								
Master caution signal	4.3.4.8.2	.274	.622	.083	51.5 (15.0)	Yellow	Same as Class A					.274	.622	.083	51.5 (15.0)	Yellow	Same as Class A				

Where:
 u'_1 and v'_1 = 1976 UCS chromaticity coordinates of the center point of the specified color area.
 r = radius of the allowable circular area on the 1976 UCS chromaticity diagram for the specified color.
 fL = footlamberts

Sonuç olarak, CIE diyagramı gece görüşü teknolojilerinin tasarımında ve renk algısının anlaşılmasında önemli bir rol oynar. Gece görüşü için uygun dalga boylarını ve renkleri belirlemek için CIE diyagramından faydalanılır. (Feng Zheng, Xiaoguang Shi, Kewei Huan, Ye Li, Liying Liu, Li Xu, Guojun Liu, 2012)

Araştırmalar sonucunda gece görüş uyumlu sistemlerde kullanılan en yaygın renk olarak karşımıza yeşil çıkmaktadır. Yeşil renk, insan gözünün düşük ışık koşullarında daha iyi algıladığı bir renk olmakla birlikte gece görüş cihazlarıyla uyumlu bir şekilde çalışır. Bu renk aynı zamanda insan gözüne daha az yorgunluk ve stres yaratır. Ayrıca yeşil renk, gece görüş cihazlarının (NVG gibi) yüksek hassasiyetine uyum sağlar ve daha iyi kontrast sağlar. Bundandır ki ilk bilgisayarların çoğunun ekranı yeşil renkte seçilmiştir. Tüm bunlara karşın yine de yeşil ışığın yanında kırmızı ışığın da kullanımı olduğu görülmektedir. Kırmızı renk ise düşük aydınlatma seviyelerinde daha iyi görülebilir ve göz yorgunluğunu azaltabilir olarak karşımıza çıkmaktadır. Çoğu otomotiv devinin araç gösterge panellerinde gece aydınlatması için kırmızı aydınlatma tonlarını benimsemesi de tesadüf değildir. Aynı zamanda İnsan gözü, kırmızı renge daha az duyarlıdır ve gece görüş cihazlarından geçen kırmızı ışık miktarı daha azdır. Bu nedenle, kırmızı renk kullanılarak bilgilerin iletilmesi gece görüş yeteneğini daha az etkiler.

6. SONUÇLAR VE İRDELEME

Bu tez çalışmasında sistem ayırt etmeksizin askeri kara-hava araçlarının kokpit yapısında kullanılacak ortaklanmış bir kontrol paneli tasarımının nasıl olması gerektiğinden üretim yöntemlerine ve gece görüş uyumunun değerlendirmesine kadar birçok detaya yer verilmiştir. Kontrol paneli için standartlar, el kitapları, teknik dokümanlar ve akademik kaynaklar referans alınarak tasarım ve üretim aşamaları anlatılmıştır. Çalışma, özellikle tasarım sırasında onlarca askeri standart arasında kaybolması muhtemel olan tasarımcılar için derlenmiş bir bilgi niteliğindedir.

Tasarım oluşturulurken alternatif iki çalışmada olduğu gibi kolay sökölüp takılabilen; bakıma elverişli ve yenilenebilir bir panel oluşturulmalıdır. Tüm bunlarla birlikte en önemli konunun uçuş güvenli olduğu unutulmamalıdır. Pilotu rahatsız edecek aydınlatma türlerinden ve uygun olmayan mekanik bağlantı türlerinden kaçınılmalıdır. Gece görüş sistemleri kullanan pilotların uyumsuz tipteki panellere uzun süre maruz kalması uçuş güvenliği açısından tehlike yaratmaktadır. Sivil hava araçları kullanıcıları ya da tasarımcıları için de baz alınabilecek bu çalışma; isterleri ile maliyetli ve yapısı ile basit gözükse bile temel ihtiyaçlardan biri olmaktan çıkarılamaz.

Elektriksel komponentler ve mekanik malzemeler seçilirken yanmaya karşı olan dayanımın testler ya da standartlar ile korunduğu ve zehirli gaz salınımının minimize edildiği değerlendirilmiştir. Yapının, elektromanyetik geçirgenlik isteri olduğu ya da olmadığı durumlarda tasarımın nasıl evrilebileceği ortaya konmuştur. Bununla birlikte gelen mekanik yapıdaki değişikliklerin ağırlık bazında da farklılıklar yarattığı ortaya konmuştur. Faraday kafesi yapısı ortaya konmadığında daha az mekanik yüzey ile daha hafif bir kontrol paneli yapısı oluşturulabileceği görülmüştür. Ancak iki tasarımda da bakım kolaylığının önemi ön plana çıkmıştır. Tasarımcının kavram tasarımını oluştururken ihtiyaç duyacağı mekanik malzeme türleri ve elektriksel komponentler örneklerle yapılarak işlenmiştir. Aynı zamanda alternatif olan malzeme ya da komponentler için karşılaştırmalar yapılarak durum ve ihtiyaç gözetiminde en uygun ürün için, tamamen Türkçe dilinde, bir kaynak ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

- Akdi, S., Demirpolat H. (2019). Alüminyum İşlem Alaşımalarında T651 Isıl İşlem Uygulamaları ve Etkilerinin Araştırılması. 9. Uluslararası Alüminyum Sempozyumu (pp. 381-386). İstanbul: Alus'2019.
- Akkurt, S. (2007). Plastik Malzeme Bilimi, Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı. In Plastik Malzeme Bilimi, Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Alüminyum Mekanik Özellikler. (2023). Retrieved from Referans Metal: <http://referansmetal.com/upload/files/aluminyum-mekanik-ozellikler.pdf>
- Bern, Ronald Lawrence. (1961). An American in the Making : The Biography of William Dzus, Inventor. New York: W.B. Marsh.
- Boy, G. A. (2017). The Handbook of Human-Machine Interaction: A Human-Centered Design Approach. CRC Press.
- Christopher D. Wickens. (2002). Aviation Displays. In M. A. Pamela S. Tsang, Principles and Practice of Aviation Psychology (pp. 148-169). CRC Press.
- Chrzanowski, K. (2013). Review of Night Vision Technology. Opto-Electronics Review, 153-181.
- Cîmpian, I. (2011). Ergonomic Design of Aircraft Cockpit. Journal of Industrial Design & Engineering Graphics, vol 6, Issue 1, 25-28.
- CKSwitches. (2021). 7000 Series Locking Lever Toggle Switch With Grip Tip Actuator. Retrieved from CKSwitches: <https://www.ckswitches.com/blog/posts/2021/december/7000-series-locking-lever-toggle-switch-with-grip-tip-actuator>
- Dzus, W. (1934). United States of America Patent No. U.S. Patent 1955740.
- EST. (2023, April 7). EST Yüzey Kaplama. Retrieved from Alüminyum Kromat Kaplama: <https://estyuzeykaplama.com/hizmetler/aluminyum-kromat-kaplama/>
- Feng Zheng, Xiaoguang Shi, Kewei Huan, Ye Li, Liying Liu, Li Xu, Guojun Liu. (2012). Mapping Relation of Parameters Between Spectrum and Chromaticity of LEDs for NVIS Green-A. International Conference on Optoelectronics and Microelectronics, (pp. 157-161). Changchun, China.

- FTG Corp. (2023, April 7). Backlit Control Panels Assemblies. Retrieved from FTG Corp.: <https://www.ftgcorp.com/aerospace/products/backlit-control-panels-assemblies/>
- Gevrek, İ. (2020). Pilot Yorgunluğu Açısından Uçuş Teçhizatının Değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- H.A. Katzman, G.M. Malouf, R. Bauer, G.W. Stupian. (1979). Corrosion-Protective Chromate Coatings on Aluminum. Applications of Surface Science, 416-432.
- Hagans, Patrick L., Haas, Christina M. (1994). Chromate Conversion Coatings vol. 5. In J. S. C.M. Cotell, Surface Engineering.
- J. Hirsch, B. Skrotzki, and G. Gottstein. (2008). Aluminium Alloys, Their Physical and Mechanical Properties. Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA.
- John Wiley & Sons, Inc. (2007). Colorimetry: Understanding the CIE System. New Jersey: Janos Schanda.
- Kiser, B. (2015). Understanding Military Specifications for Wire and Cable. Wire & Cable Technology International.
- Kurt, S. (2009). Aydınlatmalı Kokpit Kontrol Panelleri. Military Science & Intelligence / MSI Dergisi, 32-36.
- M. Pecht and E. Hakim. (1992). The Future of Military Standards. A Focus on Electronics . IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 7, no. 7, 16-19.
- MEGEP. (2012). Uçak Bakım, Displayler ve Kokpit Aletleri. Ankara: T.C. Milli Eğitim Bakanlığı.
- MIL-C-6781A. (1988). Control Panel: Aircraft Equipment, Rack or Console Mounted. MIL-C-6781A. United States of America: Department of Defense.
- MIL-DTL-25135A. (2006). Detail specification: Adapters, Hose to Tube, General Specification. MIL-DTL-25135A. United States of America: Department of Defense.
- MIL-DTL-27500. (2018). Military Specification: Cable, Electrical, General Specification. MIL-DTL-27500. United States of America: Department of Defense.
- MIL-DTL-32385. (2011). Detail Specification: Connector, Receptacles, Plugs, Adapter, Used On Electroluminescent, Embedded, And Printed Circuit Board Lamp Lighting Panels. MIL-DTL-32385. United States of America: Department of Defense.

- MIL-DTL-5541F. (2009). Chemical Conversion Coatings on Aluminum and Aluminum Alloys. MIL-DTL-5541F. Washington, United States of America: Department of Defense.
- MIL-DTL-7788J. (2019). Military Specification: Lighting, Aircraft, Interior, Night Vision Imaging System (NVIS) Compatible. MIL-DTL-7788J. United States of America: Department of Defense.
- MIL-F-25173A. (1956). Military Specification: Fastener (Dzus), Control Panel, Aircraft Equipment. United States of America: Department of Defense.
- MIL-L-85762. (1996). Military Specification: Lubricant, Solid Film, Aircraft Components [S/S By SAE-AMS2515]. MIL-L-85762. United States of America: Department of Defense.
- MIL-P-5425D. (1983). MIL-P-5425D, "Plastic Sheet, Acrylic, Heat-Resistant" (30 Aralık 1983). Plastic Sheet, Acrylic, Heat-Resistan. United States of America: Department of Defense.
- MIL-STD-1472H. (2021). Department of Defense Design Criteria Standard: Human Engineering. MIL-STD-1472H. United States of America: Department of Defense.
- MIL-STD-25213E. (1993). Control, Assembly And Panel, Aerospace Vehicle, General Specification. MIL-STD-25213E. United States of America: Department of Defense.
- MIL-STD-3009. (2001). Department Of Defense Interface Standard: Lighting, Aircraft, Night Vision Imaging System (NVIS) Compatible . MIL-STD-3009. United States of America: Department Of Defense.
- MIL-STD-704F. (2004). Department Of Defense Interface Standard: Aircraft Electric Power Characteristics. MIL-STD-704F. United States of America: Department Of Defense.
- MS25212E. (1990). Control Panel, Console Type, Aircraft Equipment, Basic Dimensions (16 Apr 1990) [S/S BY MIL-DTL-7788]. MS25212E. United States of America: Department of Defense.
- NurolCAS. (2023, June 7). Kontrol Panelleri. Retrieved from Nurol Control and Avionic Systems: <https://www.nurolcas.com.tr/kontrol-panelleri/>
- Ohno, Y. (2000). CIE Fundamentals for Color Measurements. Digital Printing Technologies; IS&T's NIP16, International Conference. Vancouver.
- Polat, H. H. (2012). Renk Teorisi ve Temel Yanılgılar. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (28), 165-173.

- Rambabu, P., Eswara Prasad, N., Kutumbarao, V.V., Wanhill, R.J.H. (2017). Aluminium Alloys for Aerospace Applications. Aerospace Materials and Material Technologies (s. 29-52). içinde Springer, Singapore.
- Reising, Jack D. Antonio, Joseph C. Fields, Bruce. (1996). Procedures for Conducting a Field Evaluation of Night Vision Goggle Compatible Cockpit Lighting. Mesa: Hughes Training Inc Mesa AZ Training Operations Div.
- Scan2CAD. (2023, Şubat 12). CATIA vs NX: CAD Software Compared. Retrieved from Scan2CAD: <https://www.scan2cad.com/blog/cad/catia-vs-nx/>
- Schmickley, D. L. (2018). Night Vision Goggles. In C. R. Spitzer, Avionics: Elements, Software and Functions. CRC Press.
- Song, W. (2022). Research on Computer-Aided Product Design Technology. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022(3), 1-8.
- Southco. (2022, December 14). D5 DZUS® Panel Line Quarter-turn Fasteners. Retrieved from Southco: <https://files.southco.com/static/Literature/D5.en.pdf>
- Stowell, H. R. (1976). An Investigation of Cockpit Lighting for Compatibility with Use of Night-Vision Goggles, AN/PVS-5. Maryland: U. S. Army Human Engineering Laboratory.
- TUSAŞ. (2023, Şubat 1). F-16 Seri Montaj Modernizasyon Programı. Retrieved from Türk Havacılık Uzay Sanayii: <https://www.tusas.com/urunler/ucak/f-16/f-16-seri-montaj-modernizasyon-programi>
- Tyco Electronics. (2015). High-Performance Wire and Cable. Wire and Cable. Schaffhausen. Retrieved from PTKU: https://ptku.com.ua/wp-content/uploads/2015/11/MC_Section02.pdf
- UL-LLC. (2021). UL 94 - Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances. Illinois/Northbrook: UL-LLC.
- Umar Ali, Khairil Juhanni Bt. Abd Karim, Nor Aziah Buang. (2015, vol.55, Issue 4). A Review of the Properties and Applications of Poly (Methyl Methacrylate) (PMMA). Polymer Reviews, 678-705.
- Yixiang Lim, Alessandro Gardi, Roberto Sabatini, Subramanian Ramasamy, Trevor Kistan, Neta Ezer, Julian Vince, Robert Bolia. (2018). Avionics Human-Machine Interfaces and Interactions for Manned and Unmanned Aircraft. Progress in Aerospace Sciences, vol. 102, 1-46.
- Yong Wang, Feng Zhang, Xilei Chen, Yang Jin, Jun Zhang. (2009). Burning and Dripping Behaviors of Polymers Under the UL94 Vertical Burning Test Conditions. Fire and Materials.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ekin ÇELİK

Doğum Tarihi :

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu :

Lisans :

Yüksek Lisans :

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl/Yıllar:

Nurol Makina – Tasarım ve Entegrasyon Mühendisi (2022-Halen)

3EN Savunma ve Havacılık Sistemleri – Mekanik Tasarım ve AR-GE Mühendisi (2020-2022)

Yayımları (SCI) : Yok.

Yayımları (Diğer) : Askeri Kara-Hava Araçları Kontrol Panelleri Tasarım Detayları, 9th International "Başkent" Congress On Physical, Engineering, and Applied Sciences Proceedings Book, (Syf: 102 – 109), ISBN: 978-625-6879-01-0.

Araştırma Alanları : Askeri Kara-Hava Araçları, Askeri Kontrol Panelleri, Askeri Haberleşme Sistemleri, Askeri Görüş Sistemleri, Taktik Tekerlekli Zırhlı Araçlar.