

DIKEY KALKIŞ VE İNİŞ YAPABİLEN GÖVDESİNİ YATIRABİLEN KANAT YAPILI TAŞIYICI İSKELETE SAHİP ÇOK ROTORLU HAVA ARACI PATENT TESCİLLİ BULUŞ TANITIMI

Gürkan AÇIKEL¹

Atılım Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu / ANKARA

ÖZET

Bu bildiri Türkiye Patent ve Marka Kurumu, Amerikan Patent Ofisi tarafından tescillenen Avrupa Patent Ofisinde başvuru süreci devam eden "Dikey Kalkış ve İniş Yapabilen Gövdesini Yatabilen Kanat Yapısına Sahip Çok Rotorlu Hava Aracı" başlıklı patente konu olan yeni nesil bir hava aracının tanıtılması hedeflenmiştir. Bu çalışmada tekniğin bilinen durumu ve zayıf noktaları açıklandıktan sonra buluşun teknik probleme getirdiği çözüm açıklanmıştır. Buluşun amacı dikey kalkış iniş yapabilirken yüksek hızlarda uçabilen yeni bir insanlı hava aracının tasarımıdır. Buluş, hem çok rotorlu hava aracı hem de uçak olarak kullanılabilir. Hava aracı, kanatlar, motorlar, pervaneler, iniş takımlarını içeren kanatlı taşıyıcı iskelet; kokpit, kabin ve kuyruğu içeren yatabilen gövde olmak üzere iki ana parçadan oluşur. Kanatlı taşıyıcı iskelet temel olarak kolları kanat formunda çok rotorlu hava aracıdır. Hava aracı çok rotorlu bir hava aracı gibi dikey olarak itkiyi kullanarak kalkış yapar, emniyetli irtifa ve ön hızı kazandıktan sonra kanatları ve itki yönü ufka paralel olacak şekilde uçuş eksenini değiştirilerek uçak durumuna geçerken, gövde ufka göre göreceli olarak paralel olacak şekilde yatırılır. Uçak durumunda taşıma kanatlarca itki ise pervane motor gurupları ile sağlanır. İniş için hız düşürülerek kanatlı taşıyıcı iskelet ve gövde çok rotorlu durumuna geri döner. Ana uçuş kontrol sistemi olan itki farklılaştırma sistemi, yatabilen rotor veya yatabilen kanat uygulamalarında kullanılan itki vektörünü değiştirme tekniğine göre, karmaşıklığı ve aerodinamik etkileri azalttığı için daha basit yöntemdir. Motor veya kanatlar yerine gövdeyi yatırmak daha basit yöntemdir. Yüksek hız ve yakıt verimliliğine sahip basit tasarım; üretim, işletme ve bakım maliyetlerini azaltır. Hava aracı değişik ölçülerde üretilebilir ve şehir içi veya kıtalararası ulaşımda kullanılabilir.

GİRİŞ

Yüksek seyir hızlı dikey iniş kalkış yapabilen hava aracı tasarlamak zor bir problemdir. Helikopterler dikey iniş kalkış yapabilirler ancak uçuş yönünde dönen büyük çaplı rotor yüksek hızları sınırlar. Aynı zamanda helikopterler yüksek seviyede karmaşık hava araçlarıdır üretim ve bakım maliyetleri yüksektir. Sabit kanatlı bir uçağın hızına, menziline, düşük bakım maliyetlerine ve verimliliğine sahip ancak uzun pistlere ihtiyaç duymayan dikey iniş kalkış yapabilen hava araçları ile ilgili birçok yeni tasarımlar mevcuttur. Bu çalışmada aşağıdaki Tablo 1'de patent başvuru ve tescil durumları gösterilen "Dikey Kalkış ve İniş Yapabilen Gövdesini Yatabilen Kanat Yapısına Sahip Çok Rotorlu Hava Aracı" ile patent tescilli alan yeni tip bir hava aracı tanıtılmaya çalışılacaktır.

Tablo 1: Patent Başvuru Ve Tescil Durumları

Dikey Kalkış ve İniş Yapabilen Gövdesini Yatabilen Kanat Yapısına Sahip Çok Rotorlu Hava Aracı (VTOL TILTING FUSELAGE WINGED FRAME MULTIROTOR AIRCRAFT)			
PATENT OFİSİ	BAŞVURU NUMARASI	YAYIN NUMARASI	PATENT NUMARASI
WIPO	PCT/TR2019/050183	WO/2020/190223	
TÜRK PATENT	TR 2021 004349	TR 2021 004349	TR 2021 004349
AVRUPA PATENT OFİSİ	19919693.2	3902744	
ABD PATENT OFİSİ	17426138	20220097840	US 11,827,348 B2
HİNDİSTAN	202117003462	202117003462	

¹ Dr. Öğr. Ü., Pilotaj B., Eposta: gurkan.acikel@atilim.edu.tr , ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2671-420X>

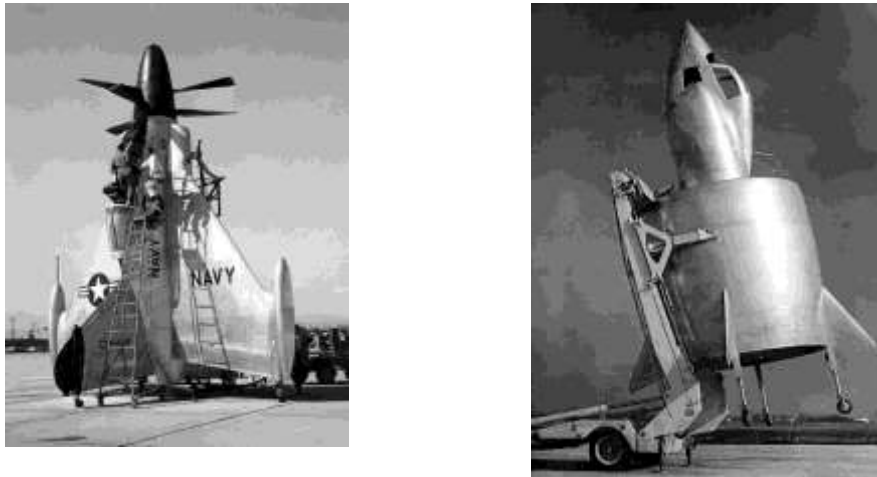
Tekniğin Bilinen Durumu

Çok rotorlu hava araçlarının aerodinamik özellikleri helikopterler ile benzerdir. Bu hava araçlarının uçuş hızları, havada kalış süreleri ve dolayısıyla menzilleri düşüktür. Helikopter gibi dikey kalkış ve iniş yapabilen ancak bir uçak gibi yatay olarak uçabilen bir hava aracı tasarımı ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Yatırılabilen rotorlu (tilt rotor) , yatırılabilen kanatlı (tilt wing) veya itki yönlendirmeli jet uçakları (vectored thrust jet) iyi bilinen örneklerdir. Şekil 1’de gösterilen yatabilen rotorlu (Bell Boeing V-22 Osprey tilt rotor) ve yatabilen kanatlı (LTV XC-142 tilt wing) hava araçları da yüksek seviyede karmaşık hava araçlarıdır üretim ve bakım maliyetleri yüksektir. Yatabilen rotorlu hava araçları çok da yüksek olmayan ileri uçuş hızları ve itki yönlendirme sisteminden kaynaklı emniyet sorunları gibi bir takım tasarım zorlukları da mevcuttur. Bell Boeing V-22 Osprey tilt rotor hava aracının seri üretimi yapılmış ve Dünya’nın birçok yerinde operasyonlarda kullanılmıştır. Ancak yaşanan ölümcül kazalar bu hava aracının emniyet seviyesinin sorgulanmasına neden olmuştur. [Gertler, 2024]



Şekil 1: Tilt Rotor (Bell Boeing V-22 Osprey) ve Tilt Wing (LTV XC-142) Hava Araçları

Kuyruktan oturumlu (tail sitter) hava araçları da yüksek seyir hızına sahip dikey iniş kalkış yapabilen hava araçları arasında diğer bir çözümdür. Bu tip hava araçları kalkış, iniş ve havada asılı kalış sırasında kontrol zorluklarından mustarıptir. Aynı zamanda pilotun oturma pozisyonu hava aracının uçuş durumuna göre değiştiği için hava aracının kontrolü zorlaşmaktadır ve bu hava araçları uçuş sırasında göreceli olarak kararsızlardır [National Air and Space Museum, 2000], [Davis, 2012].



Şekil 2: Kuyruktan Oturumlu (tail sitter) Convair Pogo ve Snecma Coleoptere Hava Araçları

İtli yönlendirmeli (Vectored Thrust) savaş uçaklarının gövde altlarında kalkış ve iniş için kullanılan itki çıkışları (thrust nozzle); arkalarında ise düz uçuş için kullanılan itki çıkışları mevcuttur. Şekil 3’de British Aerospace tarafından geliştirilen AV-8 Harrier ve Lockheed Martin tarafından geliştirilen F-35B hava araçları gösterilmiştir.



Şekil 3: İtki Yönlendirmeli (Vectored Thrust) British Aerospace AV-8 Harrier ve Lockheed Martin F-35B Hava Araçları

Klasik çok rotorlu sistemlerinin genellikle taşıma sağlayacak kanatları yoktur ve havada kalabilmek için aşağıya yönlendirilmiş sürekli itki ihtiyacından dolayı yatış açıları ve öne doğru itkileri sınırlıdır. Buna bağlı olarak uçuş hızları ve menzilleri düşüktür. Örneğin Şekil 4'de verilen City Airbus EVTOL hava aracının en yüksek hızı 120 kilometre saat havada kalış süresi ise yaklaşık 15 dakikadır [Airbus]. Şekil 5'de gösterilen XPeng AeroHT tarafından seri üretimine başlanan Voyager X2 hava aracının performans değerleri biraz daha iyi olmakla birlikte en yüksek hızı 130 kilometre saat havada kalış süresi ise yaklaşık 35 dakika seviyelerindedir [evtol news: 2023]. Bu iki örneğe birçok yeni hava aracı eklenebilir. Elektrik enerjisinin bataryalarda depolanması ve günümüz batarya teknolojisinin kapasite/ağırlık oranının hala yeterli seviyede olmamasından ve hava aracının havada kalabilmek için sürekli yüksek itki kullanmasından dolayı bu hava araçlarının da havada kalış süreleri ve uçuş menzilleri çok düşüktür.



Şekil 4: City Airbus EVTOL Hava aracı



Şekil 5: XPeng AeroHT Voyager X2 Hava aracı

İleri doğru düz uçuş için taşıma sağlayacak kanatlara sahip çok rotorlu hava araçları için patent ve çalışmalar mevcuttur. Bu tasarımlar çok rotor gibi kalkış ve iniş yapabilen, kanatlarını

kullanarak da uçak gibi düz uçuş yapabilen küçük insansız hava araçlarıdır. Ancak gövdeleri kanatlarına veya pervanelerine göre sabittir. Bu tasarım sınırları insanlı uçuşu zorlaştırmaktadır. Şekil 6'da gösterilen WingtraOne haritalama insansız hava aracı [Vintra, 2024] ve Atmos Marlyn [Atmos, 2024] VTOL havadan araştırma insansız hava araçları buna örnek verilebilir.



Şekil 6: WingtraOne Haritalama ve AtmosMarlyn VTOL Havadan Araştırma İHA'ları

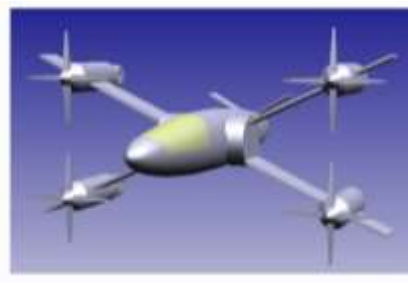
Kalkış ve iniş için ortalama 4 adet güç grubunu kullanan ileri uçuş içinse arkaya veya öne yerleştirilmiş güç grubunu kullanan sabit kanatlı VTOL uygulamaları da oldukça yaygındır. Aşağıdaki Şekil 7'de sabit kanatlı dikey iniş kalkış yapabilen ve ticari olarak satışı yapılan bir insansız hava aracı [Speed Technology: 2024] örneği gösterilmiştir.



Şekil 7: Sabit Kanatlı Dikey İniş Kalkış Yapabilen bir insansız hava aracı

YÖNTEM

Buluş kapsamında geliştirilmiş bu hava aracı çok rotorlu hava aracı olarak dikey iniş, kalkış ve uçuş yapabilirken, bir uçak gibi yüksek seyir hızlarında uçabilmektedir. Yüksek seyir hızlarına ulaşmak için Şekil 8'de gösterildiği gibi kanatlı çok rotor tasarımı kullanılmıştır. Hava aracı kuyruktan oturumlu veya çok rotorlu hava araçları gibi iniş kalkış için pervane veya motor itkisini kullanır. Emniyetli uçuş yüksekliğine ulaşılmasının ardından hava aracı kanatları taşıma pervane veya motor itkisini de ileri hız sağlayabilmek için uçuş açısını değiştirir [Açikel: 2023].



Şekil 8: Çok Rotorlu ve Uçak Durumundaki Hava Aracının Perspektif Görünümü

Ana uçuş kontrol sistemi olarak kullanılan itki farklılaştırma sistemi yatabilen rotorlu veya yatabilen kanatlı uygulamalara göre daha az karmaşıktır. Basitçe pervane hatve açısını veya motor itkisini değiştirerek pervane veya motor itkisini ayarlamak hava aracının karmaşıklığını azaltır. Bu avantaj, daha az karmaşık, daha emniyetli ve daha düşük maliyetli dikey iniş kalkış yapabilen hava aracı üretimini mümkün kılar [Açikel: 2023].

Uçuş ekibi ve yolcuların oturma pozisyonu problemi de yatabilen gövde tasarımı ile çözülmüştür. Uçuş yoluna göre uçuş ekibi ve yolcuların yere paralel kalmalarını sağlayabilecek şekilde hava aracı gövdesini yatırmak bu problemin çözümüdür. Gövdenin yatırılması aynı zamanda yer çekimi momentini azaltarak hava aracının yunuslama eksenini kararlılığının sağlanmasına yardımcı olur [Açikel: 2023].

Motor veya kanatlar yerine gövdeyi yatırmak yerine taşıyıcı gövdeyi yatırmanın daha kolay ve daha basit olacağı bu buluşun ana fikridir. Kanatlı iskelet tasarımı daha yüksek yakıt verimliliğine ve hızlara sahip hava araçlarını mümkün kılar. İtke kontrol tipi uçuş kontrol sisteminin kullanılması karmaşıklığı, işletme ve bakım maliyetlerini azaltır [Açikel: 2023].

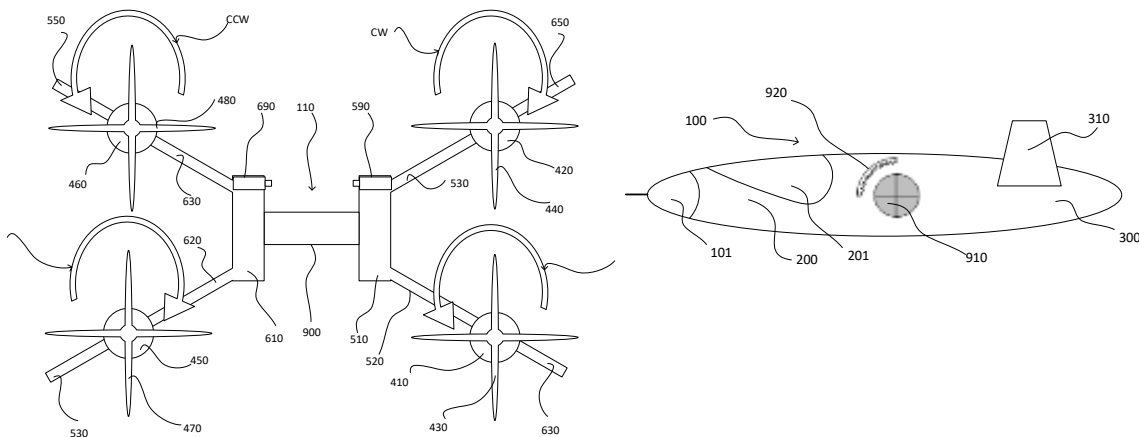
Buluşun Açıklaması

Bu tasarımın ana fikri, kokpit ve kabini (hava aracı gövdesi) uçuş fazlarına göre döndürürken kanatlar, motorlar ve pervaneleri uçuş yoluna göre paralel tutmaktır.

Gövdesini yatıran hava aracı, diğer X/H tipinde çok rotorlu hava araçları gibi dikey olarak kalkış ve iniş yapabilen hava aracı taşıma ve itki üretmek için kanatlarına yerleştirilmiş pervaneleri kullanır. Kalkışı takiben uçmaya başlayan hava aracı diğer klasik çok rotorlu sistemler gibi irtifa ve sürat kazanmaya başlar.

Çok rotorlu hava aracı yeterli irtifa ve hızı kazandıktan sonra X/H iskelet ve pervaneler yatay düzleme göre aerodinamik olarak aşağı doğru hareket ederken, hava aracı gövdesi uçak durumuna gelebilmek için mekanik olarak yukarı doğru hareket ettirilir. Gövdenin yatma hareketi düz ileri uçuş sırasında hava aracının ağırlık ve taşımalarını dengelemeye yardımcı olur [Açikel: 2023].

Hava aracı, Şekil 9'da gösterildiği gibi taşıyıcı iskelet ve yatabilen gövde, olmak üzere iki ana parçadan oluşur. Kanatlı taşıyıcı iskelet X/H şekilli kanatlardan, motorlardan ve pervanelerden oluşur. Gövdenin ortasından geçen bir ana giriş ile birleştirilen benzer iki parçaya ayrılabilir [Açikel, 2023]

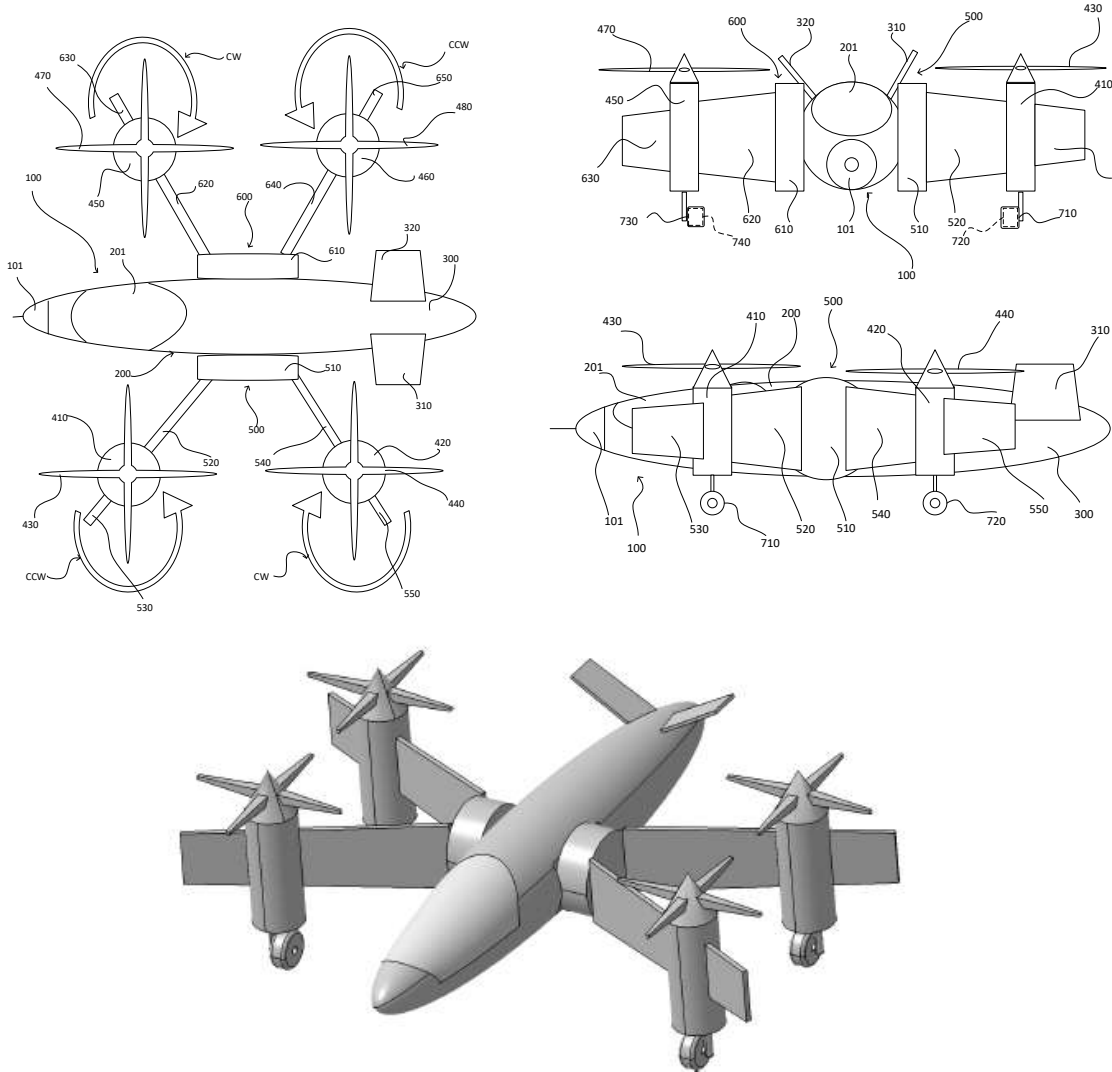


Şekil 9: Taşıyıcı İskelet ve Yatabilen Gövde

UYGULAMALAR VE DEĞERLENDİRME

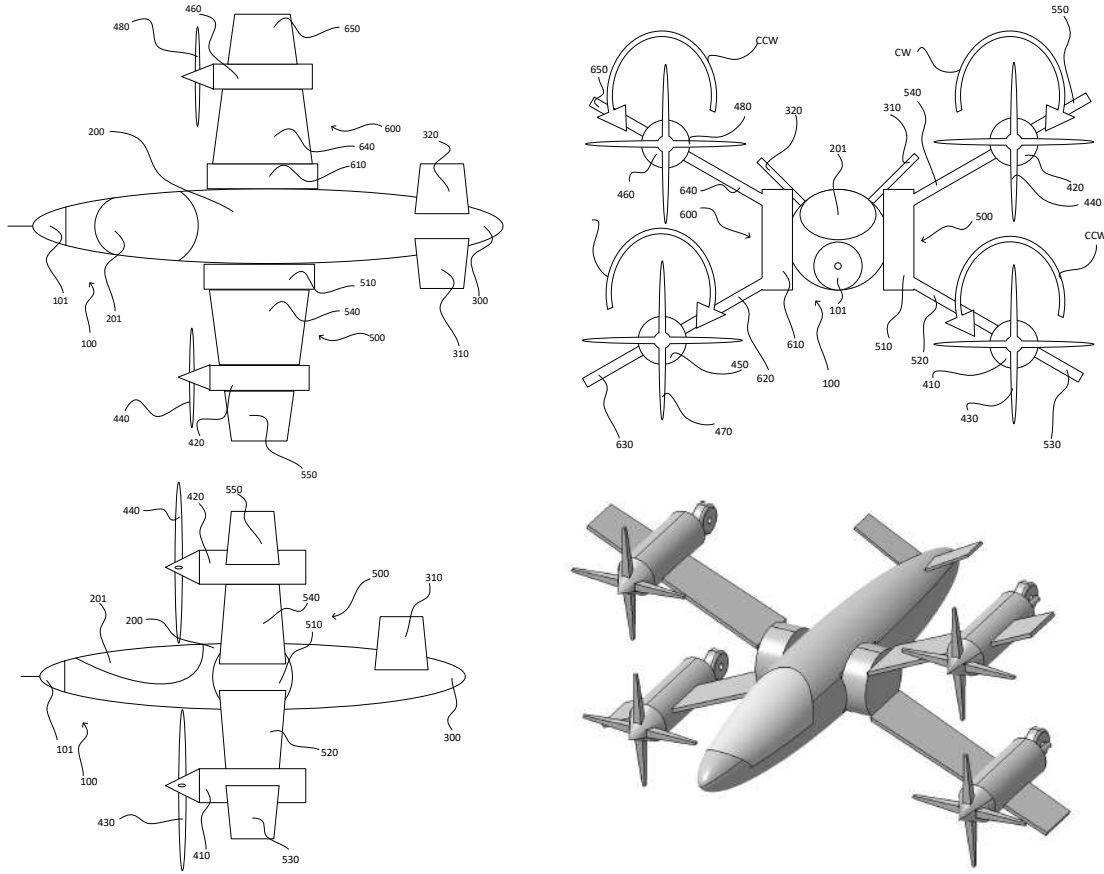
Hava Aracı Yapısının Tasarımı

X/H kanatlı taşıyıcı iskelet aracı temel olarak kanat şekli verilmiş kollara (kanatlara) sahip X/H iskeletli çok rotorlu bir hava aracıdır. Şekil 10'da gösterilen hava aracı, helikopter veya çok rotorlu bir hava aracı gibi dikey iniş kalkış yapabilir. Hava aracı kalkışı takiben bu durumda düşük hızda uçuşa devam edebilir. Bu durumda motor ve pervanelerden elde edilen itki yer çekiminin üstesinden gelebilmek için yere doğru yönlendirilir [Açikel, 2023].



Şekil 10: Hava aracının Çok Rotorlu Durumundayken Üstten Önden Yandan ve Perspektif Görünüşü

Hava aracı irtifa ve hız kazandıktan sonra kanatlar ve itki ufka paralel olacak şekilde uçuş eksenini değiştirir. Şekil 11'de gösterildiği gibi hava aracı bu durumda esas olarak bir uçağın uçuş karakteristiklerine sahip olur ve taşıma kanatlar tarafından, öne doğru itki de pervaneler tarafından oluşturulur [Açikel, 2023].



Şekil 11: Hava aracının Uçak Durumundayken Üstten Önden Yandan ve Perspektif Görünüşü

X/H kanatlı yatabilen gövdeli hava aracı buluşundaki temel etken daha az hareketli parçaya sahip, karmaşık olmayan, düşük maliyetli bir hava aracı tasarlamaktır. Bu buluştaki ana fikir hava aracı gövdesini hareket ettirmenin motorlar ve kanatları hareket ettirmekten daha basit ve kolay olmasıdır. Bu buluşta gövdenin (Şekil 9, 100) ana işlevi faydalı yükü taşımaktır. Hava aracının kanatlar, motorlar, yakıt tankları ve destekleyici yapıları kapsayan ana uçuş bölümleri X/H kanatlı taşıyıcı araca (Şekil 9, 110) yerleştirilmiştir [Açikel, 2023].

Şekil 10 ve 11'de görüldüğü gibi dört kanatlı yapı sol ve sağ kanat yapısından oluşur. Bu iki ana parça bir biri ile aynı ve simetrik. Sol ve sağ kanat yapıları, destekleyici iskelet yapılarını içerir. Bu destekleyici iskeletlerin ana işlevleri ön ve arka kanatları bağlamak ve itki sistemlerini ve gövdeyi yatırmak için gerekli donanımları taşımaktır. Sol ve sağ ön kanatlar sol iç kanat, sağ iç kanat ve sol dış kanat, sağ dış kanattan oluşur. Bu iki kanat bölümü Şekil 9'da gösterilen destekleyici iskeletlere bağlı olan ana taşıyıcı giriş ile birbirine bağlanmıştır. Çok rotorlu veya havada asılı kalma durumunda kararlılığı sağlamak amacıyla simetrik kanat formu seçilmiştir. Pervaneler tarafından üretilen hava akımı bu kanat formunun her iki tarafında eşit basınç oluşturacak bu sayede iniş kalkış ve havada asılı kalış sırasında kararlılığı iyileştireceği ön görülmüştür [Açikel, 2023].

Sol arka motor ile pervane ve sağ ön motor ile pervane saat yönünde dönerken; sol ön motor ile pervane ve sağ arka motor ile pervane saat yönünün tersine dönmektedir. Motor ve pervaneden oluşan itki sistemi etkin statik itki ve etkin sapma (yön) kontrolü sağlamak için seçilmiştir. Değişken hatveli ve geniş pervaneler çok rotorlu hava aracı durumunda kalkış ve iniş için düşük hatveli yüksek devirli olarak uçak durumunda düz uçuşta yüksek hatveli düşük devirde çalışacaktır. Başlangıç noktasında pervaneli yapılandırmanın daha uygun bir çözüm olarak gözükmesine rağmen turbo-fan, elektrikli kanallı fan (ducted-fan) hatta uzay aracı uygulamaları için roket tipi diğer itki çözümleri olabilir [Açikel, 2023].

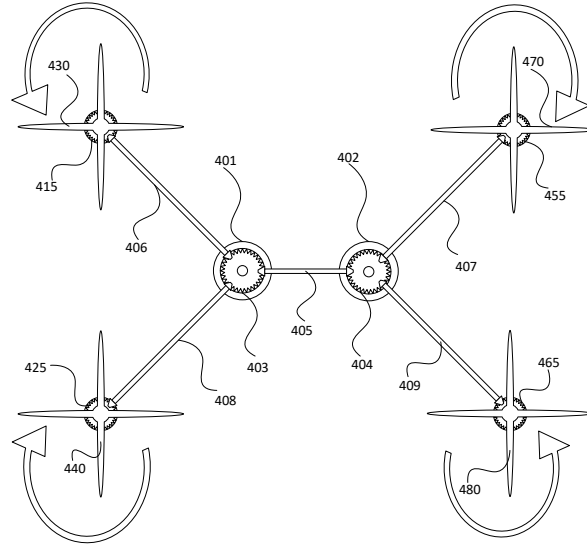
Hava aracı kalkış, iniş ve düşük hızda uçuş aşamalarında klasik X iskeletli çok rotorlu hava aracı gibi uçar. Hava aracı kalkış, iniş ve havada asılı kalış aşamalarında yere paralel kalabilmek için tüm dört motorunun güçlerini ayarlar. İleri doğru yunuslama yönlü uçuş gerektiğinde hava aracı arka motor ve pervanelerinin gücünü arttırırken ön motor ve pervanelerinin gücünü ya azaltır ya da sabit tutar. Arkaya doğru yunuslama yönlü bir uçuş istendiğinde bunun tam tersi yapılır. Hava aracının yatış hareketi sol motor ile pervanelerin veya sağ motor ile pervanelerin gücü farklılaştırılarak gerçekleştirilir. Sapma eksenini hareketi saat yönünde dönen motorlar ile pervanelerin veya saat yönünün tersinde dönen motor ile pervanelerin gücünün ayarlanması ile sağlanır [Açikel, 2023].

Hava aracı kalkışı takiben çok rotorlu hava aracı durumunda hız ve irtifa kazanmaya başlar. Kanatların taşıma üretebileceği emniyetli hız ve irtifaya ulaşılmasını takiben hava aracı, uçak durumuna geçirilebilir. X kanatlı taşıyıcı araç uçak durumuna, arka motor ve pervanelerinin gücünü arttırarak ön motor ve pervanelerinin gücünü ya azaltarak ya da sabit tutarak geçirilir. Hava aracı gövdesi bu geçiş durumunda gösterildiği gibi yere doğru paralel kalması için yatırılır. Bu yatış hareketi halka dişli yapısı veya sıvı veya gaz ile çalışan hareket sistemleri ile sağlanabilir. Şekil 9'daki kilitleme mekanizmasına sahip yüksek torklu kavramalı elektrik motorlar; gövdenin güçlendirilmiş yapısına sabitlenmiş gövde yatırma dişlisini hareket ettirmek için taşıyıcı araca yerleştirilmiştir. Şekil 9'daki destekleyici iskeletlere bağlantılı ana kiriş şekil 10'daki gövde destekleyici kirişin içinden geçer. Ana kiriş ve gövde destekleyici kiriş büyük gres yağlı düz yatak gibi çalışır ve gövdeyi taşıyıcı uçuş aracının ortasında destekler. Gres yağlı düz yatak yerine büyük masuralı veya bilyeli yataklar da kullanılabilir [Açikel, 2023].

Gövdenin hareket ettirilmesi aynı zamanda çok rotor veya uçak durumlarında yerçekimi momentini azaltarak hava aracının yunuslama eksenini kararlılığını arttırmaya yardımcı olur. V kuyruk kontrol yüzeyleri, birincil uçuş kontrol sistemi olan motor itki farklılaştırma sisteminin yedek sistemi olarak kullanılacaktır. Gövdenin kuyruk kısmına yerleştirilmiş kontrol yüzeyleri uçakların temel kuyruk kontrol yüzeylerinin işlevlerini yerine getirir. Yapıyı basit tutmak için V kuyruk tasarımı seçilmiştir. İki kontrol yüzeyi birbirinden bağımsız olarak elektrik veya hidrolik servolar ile hareket ettirilir. Bu V kuyruk kontrol yüzeyleri hava aracının sapma ve yunuslama ekseninde kontrolünü sağlar. İki kontrol yüzeyinin hücum açılarının aynı miktarda arttırılması hava aracının burnun aşağı yunuslama hareketine neden olurken hücum açılarının aynı miktarda azaltılması hava aracı burnun yukarı yunuslama hareketi yapmasına neden olur. Sapma eksenini hareketi bir kontrol yüzeyinin hücum açısının arttırılırken diğerinin hücum açısının azaltılmasıyla sağlanır [Açikel, 2023].

Hava Aracı Güç Sistemlerinin Tasarımı ve Önerilen Güç Sistemleri

Çift Turbo-Şaft Motorlu İtki Sistemi: Şekil 12'de turbo-şaft motorlu sistem gösterilmiştir. Dişli çizimleri basit bir şekilde çizilmiştir ve sadece şekilde dişlileri referans olarak gösterir. Bu sistem helikopter kuyruk rotor sürücü sistemi ile oldukça benzerlik gösterir. Şekilde gösterilen iki turbo-şaft motor destekleyici iskeletlerin içine yerleştirilmiştir. Bu iki motorun devir düşürücü dişli kutusu sürücü şaftları serbest dönüş ünitesi üzerinden aktarma dişlilerine bağlanmıştır. Şekilde gösterilen aktarma dişlileri, güç aktarma şaftı ile birbirlerine bağlanmıştır. Güç aktarma şaftı motor arızası durumunda kullanılır. Bir motor devreden çıktığında serbest dönüş ünitesi ile aktarma dişlisinden ayrılır. Çalışan motorun dönüşü Şekil 12'deki güç aktarma şaftı üzerinden diğer tarafa aktarılır ve tek motor her iki aktarma dişlisini de çevirir. Motor hava aracını emniyetli bir şekilde havada tutabilecek gücü verebilmelidir. Tüm operasyonlar için tüm dört pervane devri birbirine eşittir. Motor gücü rölanti ile tam gaz aralığında ayarlanabilir. Kalkış için motor gücü arttırıldığında tüm dört pervanelerin dönüş devri belirlenen en yüksek değere kadar artar. Güç arttırmaya devam ettirildiğinde değişken hatveli her dört pervanelerin pal hücum açısı arttırılır [Açikel, 2023].

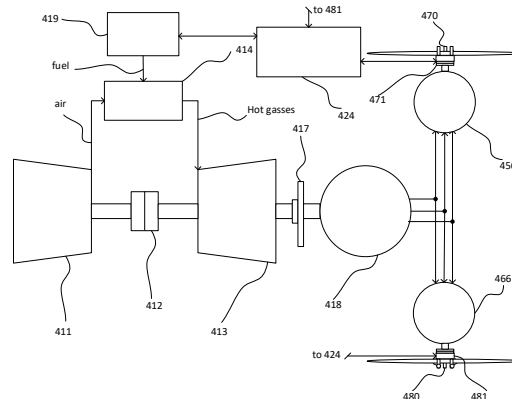


Şekil 12: Çift Turbo-şaft Motorlu İtki Sistemi

Pervanelerin devir ve hücum açılarının artırılması ile artan pervane itkisi kalkış için yeterli gücü verecektir. Sabit devirde pervanelerin hücum açısının artırılması itki ve tork artışına neden olur. Hava aracının uçuş kontrolü pervanelerin hücum açılarının değiştirilmesi ile sağlanır. Değişken hatveli pervanelerin hücum açısı değişimleri hidrolik veya elektrik sistem ile sağlanabilir. Hassas elektronik pervane düzenleyiciler bu amaçla kullanılır. Tüm pervanelerin hücum açısı düzenleyicileri hava aracının elektronik uçuş kontrol sistemine bağlanmıştır. Elektronik uçuş kontrol sistemi pervanelerin ve gerektiğinde V kuyruk kontrol yüzeylerinin hücum açılarını değiştirir. Hava aracı çok rotorlu veya uçak durumunda sadece pervane hücum açıları ayarlanarak kolaylıkla kontrol edilebilir. Belirli bir değere kadar pervane hücum açısının artırılması itkinin artmasına neden olur [Açikel, 2023].

Gaz Türbinli Motor Tarafından Çevrilen Jeneratörden Güç Sağlanan Elektrik Motor Sistemi:

Şekil 13'de gaz türbinli motor tarafından çevrilen jeneratörden güç sağlanan elektrik motor sistemi gösterilmiştir. Bu şekil hava aracı itki sisteminin sadece bir tarafını göstermektedir. Diğer itki tarafı bu şeklin aynısıdır. Sol ve sağ güç sistemlerinin gaz türbinli motorlarının çıkış şaftları birbirine Şekilde gösterilen güç aktarma şaftı ile bağlanmıştır. Bu özellik yedekleme temelli emniyet ve iki jeneratörün aynı dönüş sayısı ile çalışması ve dolayısıyla aynı frekansları üretebilmeleri için gereklidir. Motor tarafından üretilen güç elektrik enerjisine çevrilir ve elektrik motorlarına elektrik güç kabloları ile aktarılır. Bu güç üretim şekli mekanik enerjinin elektrik enerjisine ve yine elektrik enerjisinin mekanik enerjiye çevrilmesine dayanır. Şekilde tek kademeli türbin sistemi gösterilmiştir ancak çok kademeli türbin sistemi ve serbest türbin tasarımı kullanılabilir. Mevcut gaz türbin tasarımlarının kullanılabilmesi hedeflenmiştir [Açikel, 2023].

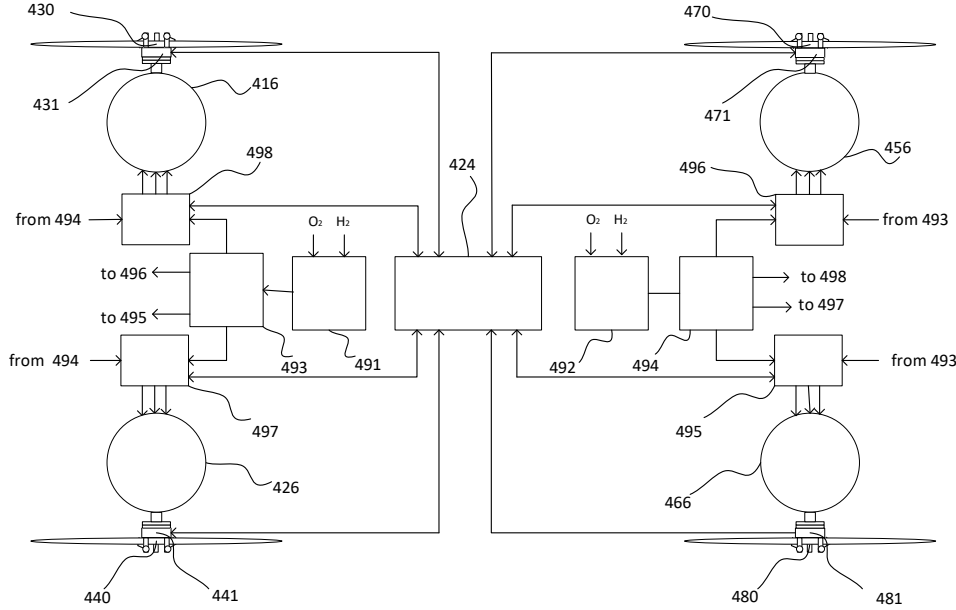


Şekil 13: Gaz Türbinli Motor Tarafından Çevrilen Jeneratörden Güç Sağlanan Elektrik Motor Sistemi

Türbin dönüşü aktarma şaftı ile kompresöre ve aktarma ve devir düşürücü dişli kutusu ile de 3 fazlı senkron jeneratöre gönderilir. Devir düşürücü dişli oranı pervanelerin ve bunları doğrudan aktarma ile çeviren üç fazlı senkron motorların çalışma devir sayılarına göre seçilmelidir. Jeneratör ve elektrik motorlarında aynı sayıda kutup sayısı kullanıldığı varsayıldığında; jeneratörün dakikadaki dönüş sayısı gaz türbinli motorun dakikadaki dönüş sayısına göre değişir, jeneratör frekansı jeneratörün dakikadaki devir sayısına göre değişir ve sonuçta elektrik motorlarının dakikadaki dönüş sayıları da jeneratörün frekansına göre değişir. Bu elektrik motorlarının dakikadaki dönüş sayılarının motor devrine bağlı olarak değiştiği şeklinde ifade edilebilir. 3 fazlı senkron jeneratör tarafından üretilen elektrik gücü üç fazlı senkron motorlara aktarılır. Pervane itkileri ve devirleri, dijital olarak kontrol edilen pervane düzenleyiciler ile kontrol edilir. Pervane düzenleyiciler aynı zamanda elektronik motor kontrol sistemini de izleyen ve kontrol eden elektronik uçuş/motor kontrol sistemi tarafından kontrol edilir. Elektrik devre kontrol ve koruma sistemi şekilde gösterilmemiştir. Gaz türbinli motorun ilk çalıştırılması, hava aracı bataryası kullanılarak küçük bir ilk başlatma ve jeneratör (starter-jeneratör) sistemi ile sağlanır. Çalışan motor jeneratörü çevirmeye başlar ancak jeneratörün frenleme torku oluşturmaması için, motor çalışıp rölantri devrinde kararlı duruma gelmeden jeneratör alan sargısına enerji verilmez. Motor rölantri devrine ulaşır ve kararlı hale gelince jeneratör alan sargısı akımı jeneratörün voltajını kontrol eden jeneratör kontrol ünitesine gönderilir. Jeneratör alan sargısı akımı sağlandıktan sonra jeneratör elektrik enerjisi üretmeye başlar. Üretilen elektrik gücü elektrik güç kablosu, devre kontrol elemanları (röleler vb.) ve devre koruma elemanları (akım sınırlayıcılar vb.) üzerinden senkron elektrik motorlarına aktarılır. Bu devre kontrol ve koruma elemanları yaşanacak herhangi bir motor arızası nedeniyle tek motorun çalıştığı durumlarda diğer itki sistemlerine güç aktarımı için de kullanılabilir. Senkron motorlar tarafından değişken hatveli pervaneler çevrilir. Motor rölantri devrindeyken değişken hatveli pervanelerin devir sayıları ve pal hücum açıları düşüktür. Çok rotorlu durumda kalkış için gaz kolu ile güç artırıldığında pervane devirleri belirlenmiş en yüksek devir sayılarına ulaşır. En yüksek devir sayısında torku arttırmak için pervane hücum açıları artırılır. Pervane tork ve devirleri Şekil 14'deki elektronik uçuş motor kontrol sistemi tarafından kontrol edilen, dijital kontrollü pervane düzenleyiciler ile izlenir ve kontrol edilir. Pervane itkisi, pervane torkunu değiştiren pervane hücum açısına göre değiştirilir. Bu tüm pervaneler aynı devirde dönerken hava aracının sadece pervane hücum açısı değiştirilerek kontrol edildiği şeklinde ifade edilebilir. Artan pervane torku, elektrik motorunun torkunu ve yükünü artırır, bu da jeneratör yük ve torkunu artırır. Artan jeneratör yükünü karşılamak ve sabit gaz türbinli motor, jeneratör ve elektrik motor devrini sağlayabilmek için elektronik motor kontrol sistemi tarafından yanma odasına gönderilen ölçülendirilmiş yakıt miktarı artırılır. Gaz türbinli motor tarafından çevrilen elektrik itki sistemini açıklamak için senkron elektrik üretim tekniği seçilmiştir fakat endüksiyon, sabit mıknatıslı veya hibrit sistemler de kullanılabilir. Aynı zamanda devir düşürücü dişli kutulu düşük devirli jeneratör çevirme sistemi yerine yüksek devirli jeneratör çevirme sistemi kullanılabilir. Bu durumda alternatif akımın, doğrultucular ile doğru akıma çevrilmesi ve aynı pervane devirleri için belirli bir frekansta elektrik motorlarına güç aktaran doğru akımı alternatif akıma çeviren güçlü çeviricilerin (inverter) kullanılması gerekecektir. Bu sistemlerin detayları yakıt hücreli güç sistemini açıklayan takip eden alt başlıkta açıklanacaktır [Açikel, 2023].

Hidrojen Yakıt Hücreli ile Beslenen Elektrik Motor Sistemi: Hidrojen yakıt hücreli sistem Şekil 14'de gösterilmiştir. Bu en çevreci itki sistemi seçeneğidir. Hidrojen yakıt hücresi yeni bir teknolojidir ancak bu alanda birçok gelişme ve ilerleme sağlanmıştır. Otomotiv endüstrisinde başarılı uygulamaları mevcuttur. Şekildeki yakıt hücrelerinde üretilen elektrik enerjisi elektronik hız kontrol üniteleri üzerinden elektrik motorlarını besleyen yüksek verimli batarya gruplarını veya süper/ultra kondansatör kümelerini şarj etmek için kullanılır. Tüm dört elektronik hız kontrol ünitesi elektronik uçuş /motor kontrol sistemi tarafından kontrol edilir. Elektrik motorları dört adet değişken hatveli pervaneyi çevirir. Pervane tork ve devirleri elektronik uçuş /motor kontrol sistemi tarafından kontrol edilen dijital kontrollü pervane düzenleyiciler ile izlenir ve kontrol edilir. Elektronik uçuş /motor kontrol sistemi çok rotor veya uçak durumları için ayrı ayrı

yapılandırılacaktır. Bu itki sistemi de her hangi bir arıza durumunda karşı tarafı karşılıklı besleyebilecek iki batarya sisteminden oluşan yedekleme temelli emniyet özelliği mevcuttur [Açıkel, 2023].



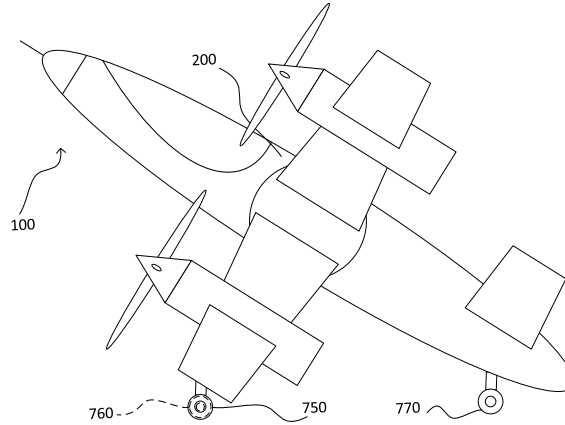
Şekil 14: Hidrojen Yakıt Hücresi ile Beslenen Elektrik Motor Sistemi

Hava Aracı Uçuş Kontrol Sisteminin Tasarımı

Hava aracının uçuş kontrol sistemi bir uçak uçuş kontrol sistemi gibi görünecektir ancak iki farklı durumda çalışacaktır. Oyun çubuğu veya uçuş çubuğu (flight stick) tipi kontrol kolu klasik helikopterdeki çevrimsel (cyclic) gibi çalışırken gaz kolu da yine helikopterdeki kolektif (collective) gibi çalışacaktır. Emniyetli uçuş yüksekliğine ve kanatların taşıma üretebileceği hıza ulaşıncaya hava aracı pilot tarafından uçak durumuna geçirilecektir. Şekil 13 ve 14'de gösterilen elektronik uçuş/motor kontrol sistemi bu karmaşık manevrayı ancak emniyetli koşullar oluştuğunda yürütecektir. İniş için uçak durumundan çok rotor durumuna geçilmesi de aynı şekilde yürütülecektir [Açıkel, 2023].

Hava Aracı için Emniyet Artırıcı Sistemlerin Tasarımı

Hava aracının emniyeti çok önemlidir bu nedenle emniyeti arttırmak için tasarıma ek özellikler eklenebilir. Herhangi bir arıza durumunda hava aracının emniyetli bir şekilde inebilmesini sağlayan ek pervane veya motorlar bunlara örnek verilebilir. Bu hava aracı için emniyeti tehdit edebilecek iki büyük tehlikeli durum olasıdır. Birincisi motor arızası ikinci ise uçak durumundayken gövde yatırma sistemi arızasıdır. Alt taraftaki kanatların uçlarına yerleştirilmiş iki küçük iniş takımı ve kuyruğa yerleştirilmiş bir küçük iniş takımı Şekil 15'de gösterilmiştir. Bu küçük iniş takımları motor veya gövde yatırma mekanizma arızası durumunda kullanılabilir. Her hangi bir anormal durumda hava aracı piste uçak durumunda iken önce kanat uçlarındaki iniş takımlarının piste temas etmesi yavaşladıktan sonra da kuyruktaki iniş takımlarının piste temas etmesi ile aynı bir uçak gibi piste inebilir. İniş yüklerini taşıyabilmek için iniş takımlarının takıldığı kanat kirişleri kuyruk bölümü duvarı güçlendirilecektir. Tam veya büyük çaplı bir motor arızası durumunda Şekil 10 ve 11'de gösterilen kuyruk kontrol yüzeyleri ana uçuş kontrol sistemi olarak çalışacaktır [Açıkel, 2023].



Şekil 15: Hava Aracının Uçak Durumunda Pisteye Acil İniş Yaptıktan Sonraki Yandan Görünüşü

SONUÇ

Buluşun Yenilikçi Yönleri

1. Motor veya kanatlar yerine gövdeyi yatırmanın daha kolay ve daha basit olacağı bu buluşun ana fikridir.
2. Kanatlı iskelet tasarımı daha yüksek yakıt verimi ve hızlara sahip hava araçlarını mümkün kılar.
3. İtici kontrol tipi uçuş kontrol sistemi tasarımı karmaşıklığı, işletme ve bakım maliyetlerini azaltır.
4. Hava aracı değişik ölçülerde üretilebilir. Bir iki kişi taşıyabilen küçük bir hava aracı boyutunda veya büyük bir yolcu uçağı boyutunda olabilir.
5. Bu tasarımın geniş bir uygulama sahası mevcuttur. Şehir içi veya kıtalar arası ulaşımda hatta uzay taşımacılığında kullanılabilir [Açikel, 2023].

Helikopter Uygulamaları Konusunda Dünyadaki Gelişmelere Yönelik Öneriler

ABD Ordusu'nun gelecek nesil helikopter konseptini tamamen değiştirecek ihaleyi Bell kazanmıştır. ABD ordusu envanterindeki yaklaşık 2 bin adet Sikorsky UH-60 Blackhawk helikopterinin yerini Bell tarafından tasarlanan, tiltrotor teknolojisine sahip V-280 Valor almasına karar verilmiştir. FLRAA olarak adlandırılan Geleceğin Uzun Menzilli Taarruz Hava Aracı Programı için ilk etapta Bell ile Pentagon arasında 1,3 milyar dolarlık anlaşma yapılmıştır. 2030'a kadar konsept hava aracı geliştirilmesi planlanmıştır. Bu program için iki hava aracı tipi yarışmıştır. Bu hava araçları Şekil 17'de gösterilen Sikorsky-Boeing tarafından geliştirilen ortak eksenli (coaxial) çift rotora ve bir itici pervaneye sahip temel olarak orijinal helikopter tasarımına daha yakındır [Breaking Defense, 2023].



Şekil 17: Sikorsky-Boeing Defiant X

Bell tarafından geliştirilen V-280 Valor Şekil 18'de gösterilmiştir. V-280 Valor yine Bell tarafından geliştirilen V-22 Osprey gibi bir yatabilen rotor (tilt-rotor) tasarımıdır. Bu yarışmayı yatabilen rotorlu hava aracının kazanması ve helikopter tasarımının kaybetmesi gelecekte helikopterlerin yerini yeni tip hava araçlarının alacağını düşündürmektedir.



Şekil 18: Bell V-280 Valor

Tüm bunlardan yola çıkılarak helikopterin kullanım esnekliğine ve uçağın hız menzil ve maliyet avantajlarına sahip yeni tür başarılı tasarımlar giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışmada tanıtılmaya çalışılan yeni hava aracı tasarımının en önemli avantajlarından biri, gövdeyi yatırmanın daha basit ve etkili bir yöntem olmasıdır. Yüksek hız ve yakıt verimliliği sağlayan bu tasarım, üretim, işletme ve bakım maliyetlerini azaltmaktadır. Hava aracının farklı boyutlarda üretilebilmesi, şehir içi veya kıtalararası ulaşımında kullanılabilmesine olanak tanır. Gövdesi yatabilen (tilt-fuselage) hava aracı olarak da isimlendirilebilecek hava aracının tasarımı ve üretimi ülkemiz havacılık sanayisini takip eden değil! Önden ve doğru yoldan giden lider bir ülke olmasını sağlayacaktır. Tasarımın daha çok sivil hava taşımacılık sektöründe hizmet vereceği düşünülerek geliştirilmesine rağmen önemli hedeflerden bir tanesi Türk Silahlı Kuvvetlerinin mevcut helikopter filosunu zamanı gelince tasarlanan hava araçları ile değiştirmektir. Tasarım daha farklı askeri ve sivil uygulamalarda kullanmaya son derece müsaittir.

Kaynaklar

Açikel G. 2023, *VTOL Tilting Fuselage Winged Frame Multicopter Aircraft Patent No.: US 11,827,348B2*, United States Patents and Trade Marks Office.

Airbus, <https://www.airbus.com/en/innovation/low-carbon-aviation/urban-air-mobility/cityairbus-nextgen/cityairbus-demonstrator> 24.03.2024 tarihinde erişildi.

Atmos, <https://www.atmosuav.com/> 26.03.2024 tarihinde erişildi.

Breaking Defense, 2023, Bell Textron's Valor wins Army's FLRAA competition to replace Black Hawk, <https://breakingdefense.com/2022/12/bells-valor-wins-armys-future-long-range-assault-aircraft-competition-to-replace-black-hawk/> 28.03.2024 tarihinde erişildi.

Davis J. 2012, *Cancelled: Vertical Flyer The Coléoptère was one weird-looking aircraft*, Smithsonian Magazine <https://www.smithsonianmag.com/air-space-magazine/cancelled-vertical-flyer-94957695/> 26.03.2024 Tarihinde erişildi.

EVTOL News: <https://evtol.news/xpeng-voyager-x2> 24.03.2024 tarihinde erişildi.

Gertler J., 2009, *V-22 Osprey Tilt-Rotor Aircraft: Background and Issues for Congress*, Congressional Research Service, Library of Congress, 101 Independence Ave., SE, Washington, DC, 20540-7500

National Air and Space Museum, 2000, *Convair XFY-1 Pogo* https://airandspace.si.edu/collection-objects/convair-xfy-1-pogo/nasm_A19730274000 , 26.03.2024 tarihinde erişildi.

Speed Technology, <https://www.dongfangspeed.com/Fixed-wing-UAV-Composite-Material-Vertical-Take-off-And-Landing-Police-Drone-pd41693584.html> 26.03.2024 tarihinde erişildi.

Wintra, <https://wingtra.com/mapping-drone-wingtraone/> 24.03. 2024 tarihinde erişildi.