



Number: 2016-1

Article Web Page: www.ibrahimcayiroglu.com



Quadcopter Tasarımı

Quadcopter Design

Efe HELVACI , İbrahim ÇAYIROĞLU**

*Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği, 78050, Karabük, efehelvaci@hotmail.com

*Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği, 78050, Karabük,

**Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği, 78050, Karabük, icayiroglu@yahoo.com

Anahtar Kelimeler:
Quadcopter

Özet: Bu makalede Quadcopterlerin tanımlanması, tarihsel gelişimi, ilk örnekleri, çalışma mantıklarını ve kuvvet analizlerinin nasıl yapıldığı gösterilmiştir. İnsansız hava aracı olan quadcopter VTOL (vertical take off and landing) tanımına uyan 4 rotorlu (pervaneli) bir araçtır. Kavramların daha iyi anlaşılması için hem Türkçe alternatif anlatımları hem de İngilizce karşılıkları verilmiştir.

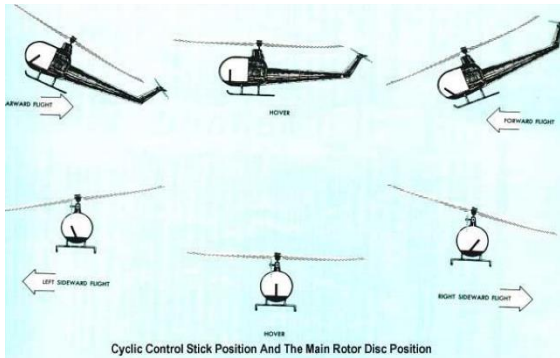
Keywords:
Quadcopter

Abstract: In this article, the definition of quadcopters, their historical development, the first examples of quadcopters, their working principles and the force analyses are shown. Quadcopters which are defined as VTOL (vertical take off and landing) vehicles are unmanned rotorcrafts with 4 rotors. Alternative explanations for better understanding of concepts in both Turkish and English equivalents are given.

©2015 ibrahimcayiroglu.com, All rights reserved. Bu makale hakem kontrolünden geçmeden bilgi paylaşımı amacıyla yayınlanan bir dökümandır. Olabilecek hata ve yanlışlıklardan dolayı sorumluluk kabul edilmez. Makaledeki bilgiler referans gösterilip yayınlanabilir. {These articles are published documents for the purpose of information sharing without checked by the referee. Not accepted responsibility for errors or inaccuracies that may occur. The information in the article can be published by referred. }

1. Giriş

Quadrotor, birden çok pervaneye sahip olan bir helikopterdir. Bu pervaneler 2, 3 ve daha da fazla olabilir, fakat daha stabil ve simetrik olan, insansız hava aracı olan quadcopter bir VTOL (vertical take off and landing) tanımına uyan 4 rotorlu (pervaneli) araçtır. Quadcopter'ler helikopterlerin aksine genellikle simetrik olarak yerleştirilmiş pervaneler kullanır. Bunlar kolektif olarak ayarlanır ancak helikopterdeki gibi döngüsel (cyclic) değildir. Cihazın kontrolü motorların dönüş hızını değiştirerek, yani tork yükünü ve itme/kaldırma karakteristiklerinde farklılık yaratarak sağlanır.



Quadcopter konfigürasyonları uçuş tarihinde sürekli görülen torka bağlı kontrol sorunlarını ve kuyruk motorundan kaynaklanan verim kaybını bertaraf etmek amacıyla ortaya çıkmıştır. 1920 ve 30larda insanlı uçuş için tasarımlar yapılmıştır. Bu araçlar havadan ağır olup dikey kalkış ve iniş (VTOL) yapabilen cihazların öncülerindendir. Ancak ilk prototipler düşük performanslı, arkasından gelenler ise pilota düşen iş yükü, düşük stabilite ve sınırlı kontrol imkânından dolayı kullanılmamıştır. Günümüzde quadcopter tasarımları insansız hava aracı (UAV) olarak popülerleşmiştir. Bu araçlar elektronik kontrol sistemleri ve elektronik sensörlerle stabilize olur. Küçük tasarımları ve çevik manevra kabiliyeti sayesinde hem kapalı hem açık alanda uçurulabilirler. Quadcopter'lerin boyut olarak benzer helikopterlere karşı bazı avantajları vardır. İlki, quadcopter'lerin pervane açısını değiştirmek için kullanılan mekanik bağlantılara ihtiyacı yoktur. Böylelikle tasarım ve bakımı basitleşir. İkincisi, dört motor kullanıldığı için motorların çapının küçük olması, dolayısıyla uçuşta daha uçuş sırasında daha az kinetik enerjiye sahip olması, böylelikle olası bir çarpışma halinde motorların daha az hasar alması. Yapım ve kontrol kolaylığı sayesinde amatör model uçuş projelerinde quadcopter şaseleri sıklıkla kullanılmaktadır.

QUADCOPTER'LERİN TARİHİ

İlk Denemeler

Oehmichen No.2 (1920)

Etienne Oehmichen tarafından 1920'lerde rotorlu uçak tasarım'larından biri olarak geliştirilmiştir. Etienne Oehmichen yaptığı altı denemeden sonra, dört rotor ve sekiz pervaneli olan 2 numaralı helikopteri tek motorla çalıştırmayı başardı. Bu iki numaralı helikopter, dört kolunun uçlarında bulunan iki kanatlı rotorlarında çelik birer boru çerçeve bulunmaktaydı. Bu bıçak açısı eğimden dolayı çeşitli olabilir. Pervanelerden beşi, yatay düzlemde makinaya yanal olarak sabitlenmiştir. Diğer pervane ise direksiyon için burna monte edilmiştir. Kalan son pervane çifti ise ileri tahrik için kullanılmıştır. Zamanına göre önemli miktarda stabilite sunan bu araç, 1920lerin ortalarında binden fazla test uçuşu yapmıştır. 1923 yılında havada birkaç dakika kalabilmiş, 14 Nisan 1924'te ise 360 metre giderek FAI (Uluslararası Havacılık Federasyonu) helikopterler için mesafe rekorunu kırmıştır. Dairesel bir rotayı tamamlayıp daha sonra ilk 1 kilometrelik kapalı devre uçuşu bir rotorcraftla tamamlamıştır.

Convertawings'in Quadrotor Modeli (1956)

Bu özgün helikopterin çok daha büyük bir sivil ve askeri quadrotor'a prototip olması planlanmıştır.

Tasarımı iki adet motorun v kayışıyla dört rotoru döndürmesi şeklindedir. Kontrol ise kuyruk motoruna ihtiyaç duyulmadan, motorların itme gücünü değiştirerek sağlanmıştır. 1950'lerin ortasında birçok kez başarılı bir şekilde uçmuştur. Ayrıca ileri uçuş yapabilen ilk dört rotorlu hava taşıtıdır. Sipariş düşüklüğü sebebiyle proje iptal edilmiştir. Convertawings ayrıca 19ton maksimum kapasiteli, 4.9 ton taşıyıp 278 km/s hızıyla 300 mil menzile gidebilen bir Model E tasarlamıştır.

Günümüz Programlarından Bazıları

- Bell Boeing QuadTiltRotor sabit quadcopter konseptini tiltrotolarla kombine ederek C130 boyunda bir konseptle ileriye götürüyor.
- AermaticaSpa'danAnteos ilk resmi izinli sivil hava sahasında uçabilen rotary kanatlı RPA(uzaktan kontrol edilen hava aracı) olup, ileride ayrılmamış hava sahasında uçuş yapabilecek ilk hava aracıdır.
- AeroQuad ve ArduCopter açık kaynaklı donanım ve yazılıma sahip, Arduino tabanlı DIY quadcopter projesidir.
- ParrotAR.Drone üstünde Parrot SA tarafından üretilmiş kameralar olan küçük RC bir quadcopterdir. Akıllı telefon veya tabletlerle kontrol edilmek için tasarlanmıştır. Haziran 2013'te Paris Air Show'da 500.000 den fazla satıldığı açıklanmıştır.



Şekil 2.3 Parrot AR. Drone'un uçan prototipi

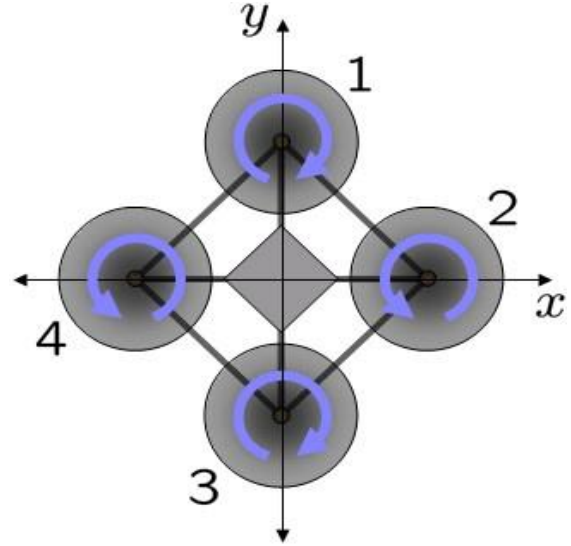
Uçuş Kontrolü

Her motor merkezinden bir itme gücü ve tork üretir, bunun yanında cihazın uçuş yönünün aksine bir sürüklenme kuvveti oluşur. Bütün motorlar eşit açısal hızda dönüyorsa, birinci ve üçüncü motorla ikinci ve dördüncü motor ters yönlerde dönüyorsa, toplam aerodinamik tork ve bundan dolayı yalpa eksenine etkiyen açısal hızlanma sıfırdır. Yani konvansiyonel helikopterlerde kullanılan sapmayı stabilize eden motora ihtiyaç yoktur. Sapmaya aerodinamik torkların arasındaki uyumsuzluk sebep olur.

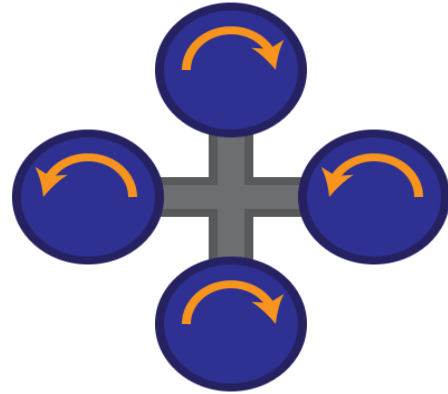
Pitch ve roll eksenlerine etkiyen açısal hızlanma yalpa eksenine etki etmeden uygulanabilir. Aynı yöne dönen her pervane pitch veya roll ekseninden birini kontrol eder ve bir motorun itme kuvvetini artırırken diğerini azaltmak yalpa stabilitesi için gerekli olan tork dengesini koruyarak roll veya pitch eksenine tork uygulanmasını sağlar. Böylelikle, sabit pervaneler quadrotorların her eksene manevrasını sağlar. Öteleme ivmesi ise sıfır olmayan bir pitch veya roll açısıyla sağlanır.

Üç, altı veya başka bir sayıda motor yerine dört motor kullanılmasının sebebi dört motorun iki uygun dönel simetriye sahip olmasıdır. Dört motorla itmeyi yanlara verip roll hareketi yapmak kolaydır. İki aynı yöne dönen motorun birinin hızının artıp diğerinin azalmasıyla toplam tork ve yalpaya uygulanan güç sıfır olarak kalır. Klasik bir helikopteri kontrol ederken ana motordan gelen torku dengeleyip yalpa kontrolü uygulamak zor bir işlemdir ve hatırı sayılır ölçüde pratik gerektirir. Quadcopter'in ise yalpa kontrolü doğuştan dengededir. Ana kontroller değişse de öğrenmesi daha kolaydır. Günümüzde kaliteli quadcopter'ler kendinden gyroscope'lu olup yalpayı daha eksiksiz stabilize eder.

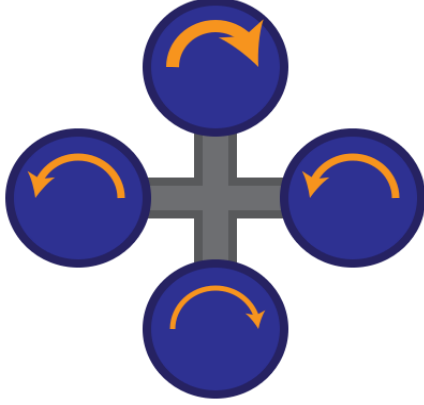
Quadcopter'lerin motorları “elmas” veya “kare” şeklinde dizilebilir.



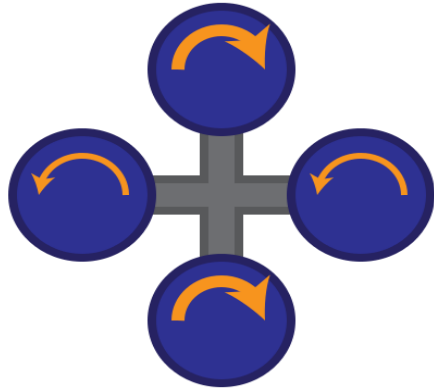
Quadcopter özdeş motorlarının dönüş yönleri



Quadcopter'in havada asılı durma pozisyonundaki (hover pozisyonu) özdeş motorların devir hızları



Quadcopter'in yalpa (yaw) hareketi yapması için özdeş motorların çalışması gereken devir hızları.



Quadcopter'in dönme (roll) hareketi yapması için özdeş motorların çalışması gereken devir hızları

QUADCOPTER DİNAMIĞI

KUVVET DENKLEMLERİ

Newton'un birinci ve ikinci yasaları gereği:

$$\sum F_{net} = m_{toplaml} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{X} \\ \ddot{Y} \\ \ddot{Z} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Quadcopter'in Ağırlığı

Dünyadaki bir cisme g kadar ivme uygulandığını biliyoruz ve yine Newton'un yasaları gereği:

$$F_g = m_{toplaml} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ g \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

İtme Kuvvetleri

Motorların uyguladığı itme kuvvetini ise:

$$F_{itme} = \begin{bmatrix} \sin\alpha \cdot F_{M1} + \sin\alpha \cdot F_{M2} + \sin\alpha \cdot F_{M3} + \sin\alpha \cdot F_{M4} \\ \cos\alpha \cdot F_{M1} + \cos\alpha \cdot F_{M2} + \cos\alpha \cdot F_{M3} + \cos\alpha \cdot F_{M4} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

şeklinde ifade edebiliriz.

Kalkış sırasında $\alpha = 0$ olacağı için bu denklemi kalkış için:

$$F_{itme,kalkış} = \begin{bmatrix} 0 \\ F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

şeklinde yazabiliriz.

3.1.3 Direnç Kuvveti

Seyir esnasında bir direnç (ya da sürtünme) kuvveti oluşacağını biliyoruz. Bu kuvvet:

$$F_{direnç} = m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_w \cdot C_D \quad (3.5)$$

KAYNAKÇA

- [1]<https://en.wikipedia.org/wiki/Multirotor>
- [2]<http://bolubeyi.net/quadrotorquadcopter-nedir.html>
- [3] Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. Physics for Scientists and Engineers 9th Edition, Chapter 5, Laws of Motion
- [4] Ferdinand P. Beer & E. Russell Johnston Jr. Vector Mechanics for Engineers: Statics 3rd Edition
- [5] <http://en.wikipedia.org/wiki/Quadcopter>
- [6] <http://hdl.handle.net/11250/136687>

YAZAR



Efe HELVACI 1993'de Amasya'nın Merzifon ilçesinde doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Merzifon Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2011 yılında Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü'ne girdi. Halen bu bölümde eğitimini sürdürmektedir.