

Helikopterlerde Otorotasyon Esasları

Efsane: Helikopterler motor sustuğunda taş gibi düşerler. Aslında, bir helikopterde motor arızası meydana geldiğinde, kurtulma şansı bir uçaktakine nazaran çok daha fazladır.

Ercan Caner, Sun Savunma Net, 22 Şubat 2019

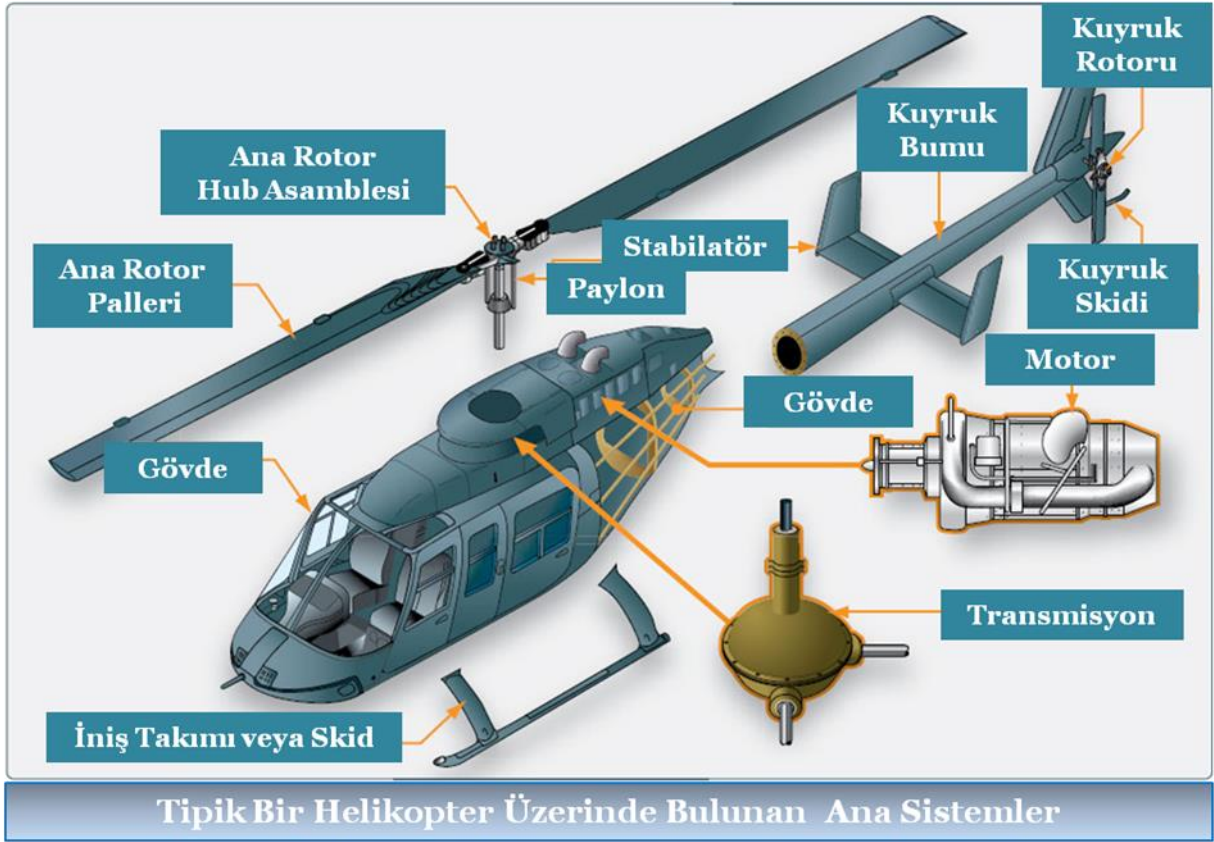


Otorotasyonun Tanımı

Otorotasyonu anlayabilmek için önce bazı aerodinamik temellerin bilinmesi gerekmektedir. Bir helikopterde ana rotor palleri (pervaneler) hava akışı oluşturmak maksadıyla döner ve bu esnada da kaldırma ve geri sürüklenme kuvveti meydana getirirler. Rotor sisteminin dönüşü sabit bir hızda muhafaza edilir ve kaldırma kuvveti, her bir ana rotor palinin hücum açısı artırılarak oluşturulur. Pallerin hücum açılarının artırılması, pilot tarafından kokpitte bulunan kollektif adı verilen kumandanın yukarı doğru tatbik edilmesi suretiyle gerçekleştirilir.

Temel aerodinamik kurallara göre; kaldırma kuvvetindeki bir artış sonucu oluşan geri sürüklenme kuvvetinde de bir yükselme meydana gelmektedir. Bir helikopter pilotunun kollektifi yukarı doğru tatbik ettiğinde motor gücünü artırmak zorunda olmasının bir nedeni de budur. Birçok piston motorlu helikopterlerde, kollektif kumanda üzerinde bulunan gaz kolunu açmak motor gücünü artırmaktadır. Türbin motorlu ve bazı gelişmiş piston motorlu helikopterler üzerinde, motor gücünü otomatik olarak artıran ve düşüren reglaj (governor) sistemleri bulunmaktadır.

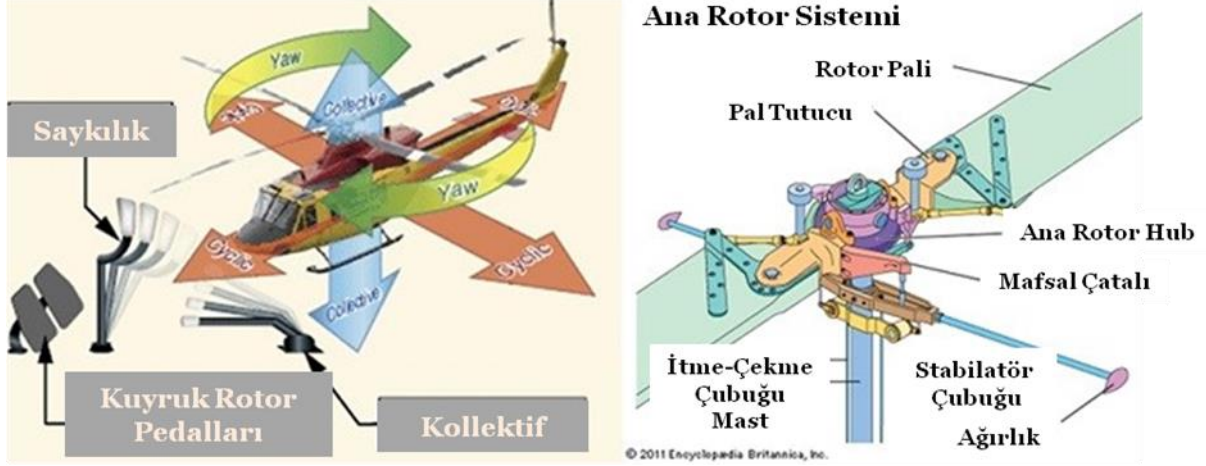
Newton'un üçüncü yasasına göre; her hareket için eşit ve ters yönde bir reaksiyon bulunmaktadır. Helikopter ana rotor palleri bir yönde döndüklerinden gövde aksi yönde dönmek isteyecektir. Helikopterlerde kuyruk rotor pallerinin kullanılma nedeni; gövdenin ana rotor pallerinin aksi yönünde dönmesini engellemektir. Kuyruk rotoru ana rotor transmisyon sistemine bağlanmıştır ve paller sabit bir hızda dönerler. Kuyruk rotor sisteminde kullanılan dişliler vasıtasıyla kuyruk rotor palleri ana rotor pallerinden daha hızlı döner ve dakikadaki devir adedi (RPM-Rotation Per Minute) direkt olarak ana rotor pallerine bağlıdır. Helikopter gövdesini ana rotor eksenini etrafında döndürmek için pilot kuyruk rotor pallerinin hücum açısını ve böylece oluşturdukları itkiyi kokpitte bulunan anti-tork (kuyruk rotor) pedalları vasıtasıyla değiştirir.



Daha fazla güç kullanıldığında ana rotor palleri tarafından daha büyük bir tork (dönüsel hareket oluşturma eğilimindeki kuvvet) etkisi yaratılır ve bunun sonucu olarak da helikopter gövdesinin aksi yöne dönme eğilimi artar. Ana rotor pallerinin saat istikametinin aksi yönünde döndüğü helikopterlerde pilot gücü artırdığında sol anti-tork pedalı tatbik etmelidir. Bir helikopterin motoru durduğunda, ana rotor palleri tarafından yaratılan tork değeri sıfıra düşer bu nedenle kuyruk rotor palleri tarafından yaratılan anti-tork da nötr hale getirilmelidir. Bu işlem, neredeyse tam sağ pedal tatbiki ile gerçekleştirilir.

Şimdi, helikopter irtifada düz uçuşta uçarken motor durduğunda neler olduğuna bakalım. Helikopterin tek güç kaynağı olan motor gücü artık yoktur ve bu nedenle

helikopter artık enerji oluşturma kabiliyetini kaybetmiştir. Bununla beraber; motorun stop ettiği anda helikopterde irtifa, hava hızı ve ana rotor RPM'i olarak depolanan bir enerji bulunmaktadır. Başarılı bir otorotasyon; helikopteri emniyetli bir şekilde yere indirmek maksadıyla bu enerjinin etkin bir şekilde kullanılmasıdır. Bu enerji uygun şekilde kullanılmadığında helikopter ile mürettebat ve yolcuların kaybına neden olabilir.



Solda helikopter kumanda sistemleri: Sayıklık, Kollektif ve Pedallar. Sağda helikopter ana rotor sistemi.

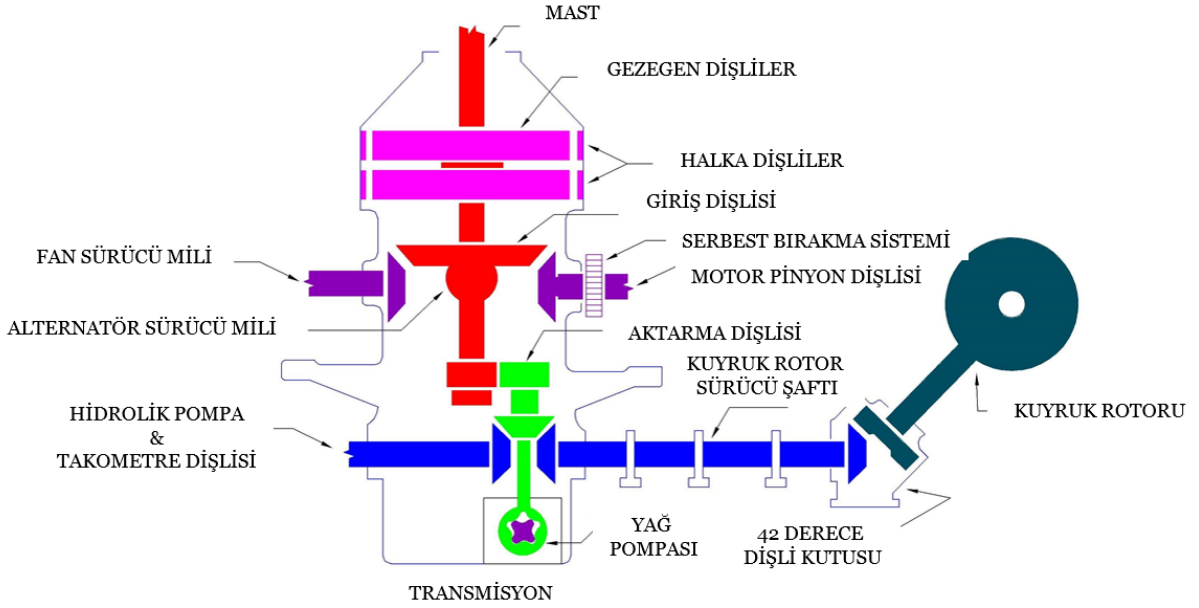
Peki, pilotlar bu depolanmış enerjiyi helikopteri emniyetle yere indirmek maksadıyla nasıl kullanırlar? Motor durduğu anda pilotun yapması gereken ilk ve en önemli iş; ana rotor sisteminin yavaşlaması ve stol olmasını engellemek için mümkün olduğunca fazla oranda geri sürüklenme kuvvetini yok etmektir.

Helikopter ana rotor sisteminin stol olması durumunda paller ya flaplayarak kuyruk bumunu kesecek ya da en basit şekilde dönmeyi durduracaktır. Bu, geri döndürülemez bir durumdur ve helikopter büyük bir olasılıkla **TAŞ GİBİ** düşerek mürettebat ve yolcuların ölmesine neden olacaktır. Bu gerçekten korkutucu bir durumdur ve iyi öğretmen pilotların, öğrencilerine bir problemi kritik hale gelmeden tespit edebilme yetenek ve güvenini kazandırmalarının nedeni budur.

Helikopterde geri sürüklemeye neden olan en büyük kaynaklardan bir tanesi duran motordur ve bu nedenle ana rotor sisteminden derhal ayrılması gerekmektedir. Neyse ki helikopterlerde bulunan serbest bırakma sistemi, motorun dakikadaki devir adedi (RPM) rotorun dakikadaki devir adedinin (RPM) altına düştüğünde devreye otomatik olarak girerek motoru ana rotor sisteminden ayırmaktadır.

Helikopterdeki diğer bir geri sürüklenme kaynağı ise ana rotor pallerindeki hücum açısıdır. Kokpitte bulunan kollektif kumanda ne kadar yukarı durumda, yani ana rotor pallerindeki hücum açısı ne kadar büyük olursa, yaratılan geri sürüklenme kuvveti de o kadar büyük olacaktır. Motor durduğunda, pallerdeki hücum açısı fazla ise pilotun pal hücum açısını kollektifi aşağı doğru bastırarak hücum açısını azaltmak

ve rotor sistemini yavaşlatan sürüklenme kuvvetini engellemek için çok az zamanı olacaktır. Şüphesiz kollektif kumandanın aşağı doğru bastırılması kaldırma kuvvetini de azaltacak ve helikopter alçalmaya başlayacaktır. Helikopter aşağı doğru alçalırken, ana rotor sisteminin içinden yukarı doğru geçen hava akışı pallerin dakikadaki dönüş hızlarının muhafaza edilmesini sağlayacaktır. Bu esnada aslında pilot, rotor RPM'ini muhafaza etmek için helikopterin bulunduğu irtifadaki depolanmış enerjisini kullanmaktadır. Otoratif süzülüş olarak adlandırılan bu durumda genel olarak dakikada 1,500 feet oranında bir irtifa kaybı görülmektedir.



TİPİK BİR HELİKOPTER ANA DİŞLİ KUTUSU VE SÜRÜCÜ SİSTEMİ

Bütün bunlar olup biterken, motor tarafından oluşturulan tork etkisinin motor durması nedeniyle kaybolması, kuyruk rotor palleri hâlâ bir itki oluşturmaya devam ettiğinden helikopter başının (istikametinin) ciddi bir şekilde sapmasına neden olacaktır. İleri uçuşta arka dikey stabilize, gövdenin kendi etrafında dönmesini engeller ve pilota helikopterin başını düzeltmek amacıyla aksi yöne anti-tork pedal uygulama şansı verir. Havırda veya ileri hızın çok yavaş olduğu durumlarda ise gövde kendi etrafında dönmeye başlayacağından ve durdurulmadığı takdirde giderek artan oranda bir dönüşe gireceğinden pilot anti-tork pedal uygulamasını süratle yapmalıdır. Kuyruk rotor pallerinin hücum açılarını sıfırlamak, bunun yanı sıra sistemdeki sürüklenme kuvvetini de elimine edecek ve ana rotor dakikadaki devir miktarının düşmesinin durdurulmasına da yardım edecektir.

Helikopter otoratif süzülüşe girdiğinde, pilot arzu edilen yere inişi yapabilmek için en iyi hava hızını ayarlamalıdır. Karmaşık aerodinamiklerden dolayı rotor sistemi yaklaşık olarak 60 knot civarı hava hızlarında en etkin durumdadır. Bunun anlamı; helikopterin en düşük alçalma oranında ve en uzun süre havada kalacak olmasıdır. Bu sürat, biraz daha yüksek olan en iyi menzili sağlayacak sürat ile karıştırılmamalıdır. Normal olarak bu süratler uçuş el kitabında bulunurlar ve her

pilot uçuğu helikopterin en düşük alçalma ve en iyi menzil süratlerini ezbere bilmelidir.

Helikopter uygun hava hızında otoratif süzülüşe girdikten sonra arzu edilen iniş yerine ulaşabilmek maksadıyla pilot dönüş manevraları ve sürat ayarlamaları yapmalıdır. Dönüşler ve sürat ayarlamaları tıpkı güçlü uçuşta olduğu gibi saykılık kumanda kullanılarak yapılır. Bunun yanı sıra; ana rotor pallerinin dakikada devir adedini limitler içinde tutabilmek maksadıyla kollektif kumanda tatbikleri ile pallerin geri sürüklenme kuvveti artırılır veya azaltılır. Anti-tork (kuyruk rotor) pedalları da helikopterin uygun pozisyonda tutulmasını sağlar. Sürat, rotor dakikada devir adedi (RPM) ve alçalma oranı arasında bir ilişki bulunmaktadır. Örneğin helikopterin süratini artırmak RPM’i düşürürken ve alçalma oranını artırırken, süratin azaltılması tam tersi etkilere sahiptir. İyi koreografe edilmiş bir dans gibi pilotun kumanda hareketleri arzu edilen tepkilerin oluşturulması maksadıyla birbirleri ile etkileşim içinde olmalıdırlar.

Helikopter Ana Rotor Sistemi Çalışma Durumları

Helikopter ana rotor sisteminde üç ayrı çalışma durumu görülür:

- ✓ Pervane çalışma durumu,
- ✓ Vorteks halkası durumu ve
- ✓ Otorotasyon durumu.



Pervane Çalışma Durumu

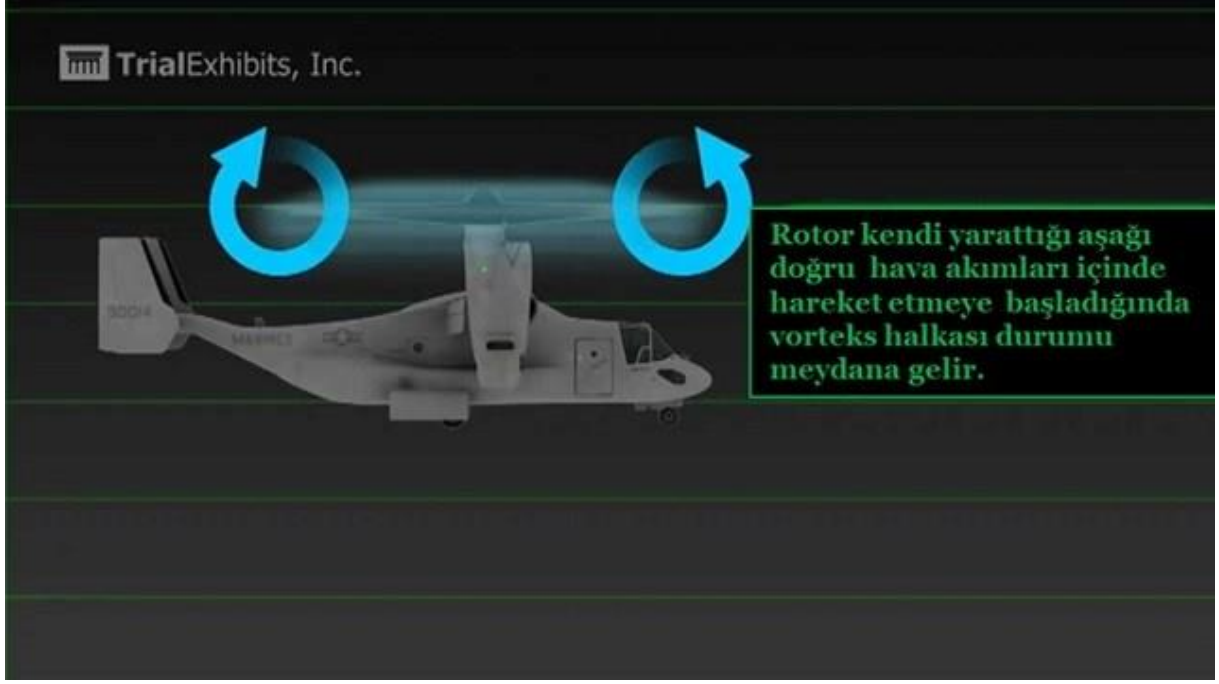
Basit olarak anlatmak gerekirse helikopterin dikey uçuşu “Pervane Çalışma Durumu” olarak değerlendirilebilir. Rotor diski ana rotor palleri tarafından oluşturulan itki içinde hareket etmektedir ve hava akışı rotor diskinden aşağı doğrudur.

Vorteks Halkası Durumu

Helikopter havırda iken alçalmaya başladığında vorteks halkası durumuna girer ve rotor diski artık kendi oluşturduğu itki gücünün aksi yönünde hareket etmektedir. Bu durumda ana rotor palleri hâlâ havayı rotor diskinden aşağı doğru itmektedir, fakat

serbest hava rotor diskine göreceli olarak yukarı doğru hareket etmektedir ve rotor altında kalan hava merkezden dışarı doğru itilmektedir.

Bu nedenle rotor diski içinden geçen hava düzenli bir akış yerine oldukça türbülanslı bir sirkülasyona girer, hava akışı başlangıçta rotor diski aşağısına doğru, sonra da merkezden dışarı ve yukarı yönde, rotor diski dışına doğru hareket eder. Bu havanın bir kısmı rotor diskinin üstüne doğru geçerken tekrar iç kısma ve aşağı doğru çekilerek vorteks halkası durumunun oluşmasına neden olur.



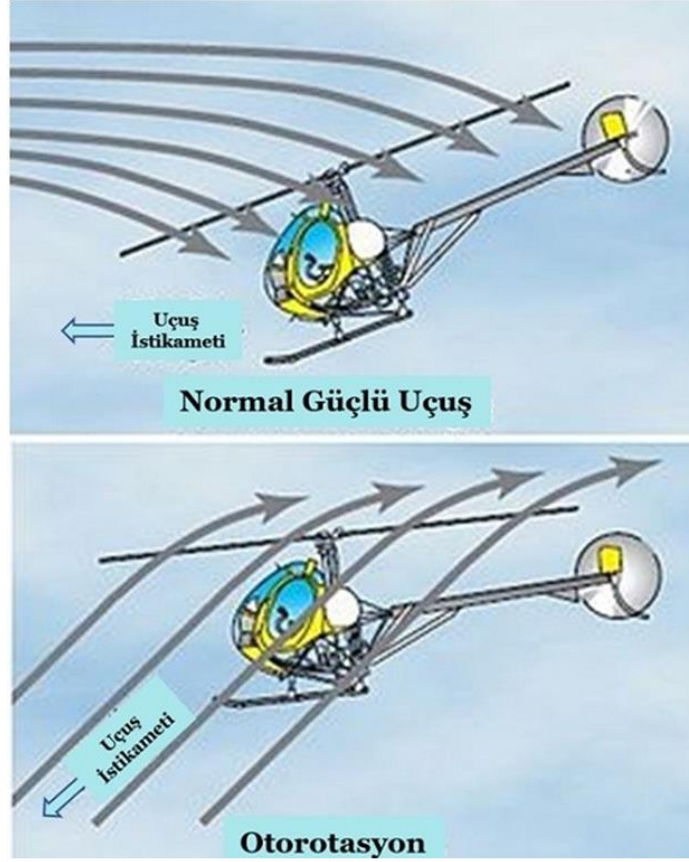
Pervane çalışma durumunda hava rotor sisteminden aşağı doğru akmaktadır. Alçalma oranı dakikada 300 feet'i aştığında vorteks halkası durumu başlar ve aşağı doğru hava akımlarının bir kısmı, rotor diski altında merkezden dışarı doğru akmaya ve yukarı doğru rotor sisteminin içine çekilmeye başlar. Otorotasyon durumunda ise bütün hava rotor sistemi içinden yukarıya doğru akmaktadır.

Normal olarak hava akışı rotor diski aşağısına doğru yönlendirilir ve dikey tırmanmada olduğu gibi rotor itkisi yönünde hareket eder. Bu, pervane çalışma durumu veya bazen normal çalışma durumu olarak adlandırılır. Helikopterin havırda durması, pervane çalışma durumunun statik halidir.

Otorotasyon Durumu

Rotor sisteminin üçüncü belirgin çalışma durumu otorotasyon durumudur. Alçalma oranını dakikada 2.000 feet değerinden daha fazladır. Bu durumda hava akışı tamamen rotor sisteminin yukarısına doğru itilmektedir. Rotor itkisi aslında yukarı doğru olan bu hava akışı yavaşlatılarak elde edilmektedir. Rotor tarafından yaratılan kuvvet aynı çapta bir paraşüt tarafından yaratılan kuvvete eşittir.

Vorteks halkası durumu ile otorotasyon durumu arasındaki sınır; yukarı doğru hava akışının rotor diskinde durağan hale geldiği durumdur. Rotor diski içinden hiç hava akışının olmadığı bu durum ideal otorotasyon olarak adlandırılır.



Normal güçlü uçuş ve otorotasyon esnasında, helikopter ana rotor sisteminin içinden geçen hava akışının yönleri

Otorotasyonun Tanımı

Otorotasyon ve güçlü kurtarma helikopter pilotları tarafından çok iyi bilinen iki terimdir. Helikopterlerde; motor durduğunda, yani motor dönüşü ana rotor dönüşünden daha az olduğunda devreye giren bir serbest bırakma düzeneği bulunmaktadır. Serbest bırakma düzeneği devreye girdiğinde, motor ana rotor pervanelerinden ayrıldığından, yavaşlatma etkisi ortadan kalkar ve helikopterin ana rotor pervaneleri, nisbi rüzgârın etkisiyle dönmeye devam ederler. Buna İngilizce “Auto Rotation” terimlerinden esinlenilerek “Otorotasyon” adı verilmektedir. Helikopterlerdeki otorotasyonu, yokuş aşağı giderken boş vitese alınmış bir aracın durumuna benzetebilirsiniz. Araç boşta olduğundan motor ve vites kutusunun frenleme/yavaşlatıcı etkileri ortadan kalktığından araç yokuş aşağı hızla inmektedir.

Özellikle tek motorlu helikopterlerde, otorotasyon teknikleri uçuş hayatının ilk safhalarından itibaren helikopter pilotlarına öğretilmektedir. Helikopteri emniyetli yükseklik-hız limitleri arasında tutabilmek için, otorotasyon eğitimine yerden belirli

bir irtifada başlanması uçuş emniyeti açısından önemlidir. Gaz kolu kısıldığında, motor dönüşü ana rotor dönüşünden daha az olacağından serbest bırakma sistemi devreye girer ve motorun dönmekte olan ana rotor pallerini (pervaneler) frenleyici/yavaşlatıcı etkisi devre dışı bırakılmış olur.

Otorotasyon, helikopterin ana rotor pallerinin, motor gücü olmadan sadece aerodinamik kuvvetlerle döndürüldüğü bir helikopter uçuş durumudur. Motorun ana rotor sisteminden ayrıldığı ve rotor pallerinin sadece rotor diski içinden yukarı doğru akan hava akışı ile döndürüldüğü bir uçuş manevrasıdır. Diğer bir ifadeyle; motor artık ana rotor sistemine gereken gücü sağlamıyordur.

Motor veya Kuyruk Rotor Arızası Sonrasında Otorotasyon

Otorotasyonun en yaygın nedeni tek veya çift motorlu helikopterlerde meydana gelen motor arızasıdır, fakat otorotasyon, motor gücü olmadan yere doğru alçalma esnasında üretilen bir tork olmadığından, tam kuyruk rotor arızasında da yapılabilir. Kuyruk rotor arızasında yapılan otorotasyonun son kısmı olan iniş esnasında motor tork etkisinden kurtulmak amacıyla motor veya motorlar susturulmalıdır.



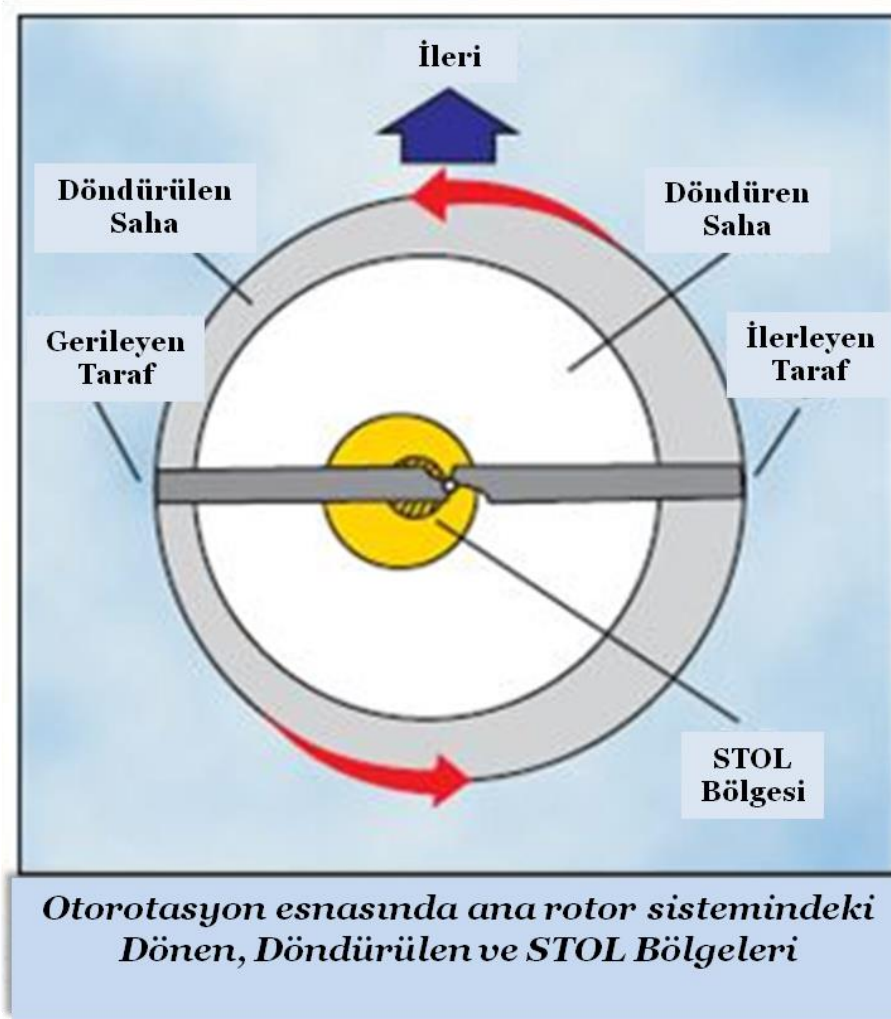
Solda sayısal ve sağda analog Motor/Rotor RPM Göstergesi ve çalışma sahaları

Motor arıza yaptığında (motor dönü hızı ana rotor dönü hızının altına düştüğünde) helikopterde bulunan serbest bırakma düzeneği devreye girer ve ana rotor pallerinin motorun yavaşlatıcı etkisinden kurtularak serbestçe dönmelerini sağlar. Aslında serbest bırakma düzeneği, motorun dakikadaki devir adedi (ERPM – Engine Rotation Per Minute), rotorun dakikadaki devir adedinden (RRPM – Rotor Rotation Per Minute) düşük olduğu bütün durumlarda devreye girerek ayırım işlemini gerçekleştirmektedir.

Üretici firmalar, her bir helikopter tipi için asgari ve azami RRPM değerini belirlerler. Normal RRPM aralığı, helikopter gösterge panelinde bulunan Motor/Rotor RPM

göstergesinde **YEŞİL** bir yay ile dikkat edilmesi gereken sahalarda **SARI**, aşılması gereken değerler ise **KIRMIZI** renkle gösterilirler.

Motor arızasının gerçekleştiği anda ana rotor palleri, hücum açısı ve sürati nedeniyle bir kaldırma kuvveti ve itki üretiyor durumdadır. Motor gücü kaybolduğunda, geri sürüklenme bileşeni ana rotor hızını hızla azaltır. Helikopter uçuş/operatör el kitaplarında, uçuşu sürdürebilmek için gereken RRPM'nin yeniden tesis edilemeyebileceği asgari ana rotor pal hızı belirtilir. Böyle bir durumda rotor tamamen stol olacak ve dönüşünü durduracaktır. Pilot bu nedenle motor arızası meydana geldiği anda, ana rotor sisteminde yukarı doğru hava akışını başlatmak amacıyla kolektif kumandayı azaltmalı (kaldırma indüksiyon ve pal profil sürüklenmesinin her ikisini de azaltarak) ve alçalışa geçmelidir.



Motor durduktan ve otoratif süzülüş tesis edildikten sonra pilot Motor/Rotor RPM göstergesinde rotor pallerinin dönüş hızını (RRPM) takip etmeli ve müsaade edilen **YEŞİL** saha içinde muhafaza etmelidir. Uçuş/operatör el kitaplarında belirtilen asgari değer altına düşülmesi durumunda ana rotorun tam stol olma, azami değer

üzerine çıkılması durumunda ise ana rotor sistemine yapısal hasar verme riski bulunmaktadır.

Helikopter ana rotor sisteminin içinden geçen yukarı doğru hava akışı, pal yüzeyi boyunca kaldırma ve sürüklenme vektörlerini sürüklemenin ana rotor dönü düzleminde hareket ettiği bir iç kısım oluşturacak şekilde değiştirir, bu da ana rotor pallerinin dönmeye devam etmesini sağlar.

Bu durum; ana rotor RPM'ni bütün iniş esnasında, sanki motor çalışıyormuşçasına muhafaza edebilmek için bir itki sağlar ve aynı zamanda biraz kaldırma gücü de oluşturur. Birçok helikopterde otorotasyon esnasında dakikada alçalma oranı 1500-2000 feettir ve bazılarında daha yüksek olabilir. Otorotasyon esnasında kuyruk rotor palleri ana rotor transmisyonu tarafından döndürüldüğünden helikopter dengesi normal uçuşta olduğu gibi muhafaza edilir.

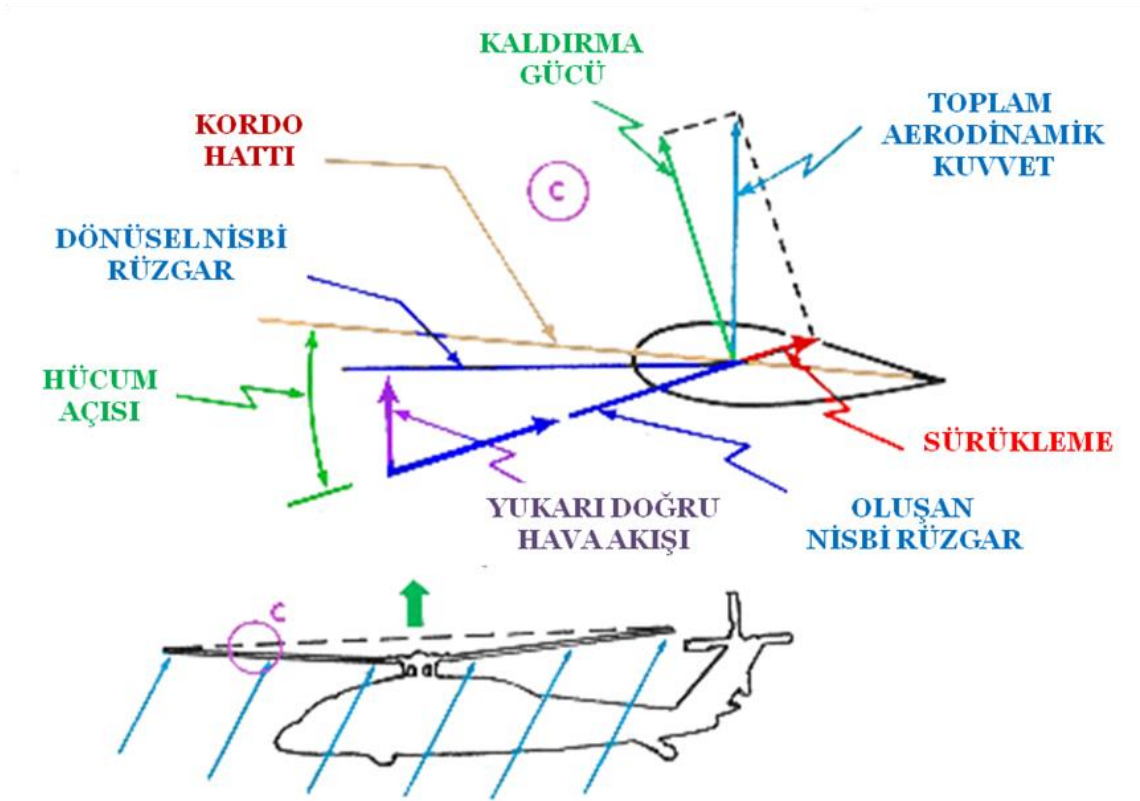


Kaza kırımında ağır hasara uğrayan bir helikopter

Otorotasyon esnasında helikopterin alçalma oranını yoğunluk irtifası (DA-Density Altitude), gros ağırlık, hava hızı ve ana rotor RPM'i (Rotation Per Minute) gibi faktörler etkilemektedir.

- Hava çok daha az yoğun olduğundan helikopterin havada tutunma kabiliyeti azaldığından, yüksek yoğunluk irtifalarında alçalma oranı daha yüksektir.
- Yüksek gros ağırlık, helikopterin hem alçalma oranını hem de RRPM'i yükseltir.
- Üretici firma tarafından tavsiye edilen asgari alçalma oranını sağlayan işari hava hızı altındaki süratlerde, RRPM yeşil sahanın alt bölgelerine ve daha yüksek işari hava hızlarında ise izin verilen limitlerin üst bölgesine yakın olacaktır.

Otoratif süzülüş esnasında alçalma oranını kontrol etmekte pilotun kullandığı temel kontrol hava hızıdır. Daha yüksek veya düşük hava hızları, normal uçuşta olduğu gibi sayıklık kumanda ile helikopter baş durumunun kontrolü ile sağlanır.



OTOROTASYON DA ALÇALMA ESNASINDAKİ KUVVET VEKTÖRLERİ

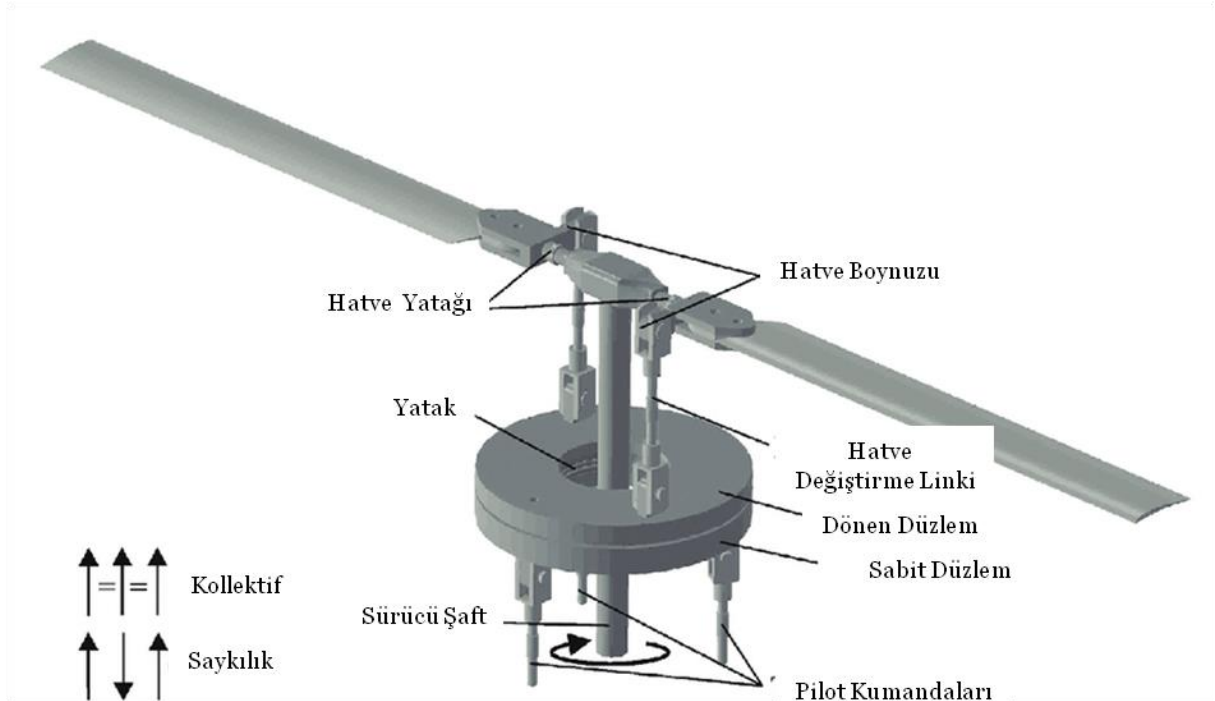
Teoride, pilot alçalma açısını dikey alçalma ile azami menzil anlamına gelen asgari alçalma açısı arasında değiştirme seçeneğine sahiptir. Sıfır süratte helikopterin çöküş oranı yüksektir ve hafif ve orta sınıf helikopterlerin birçoğunda, 50-70 knot hava

hızlarında alçalma oranı helikopter tipine ve yukarıda bahsedilen faktörlere bağlı olarak asgariye düşer.

Hava hızı, asgari alçalma oranı sağlayan hızı aştığında alçalma oranı yeniden artacaktır. Bu tür durumlar otorotasyonda daha fazla menzil imkânı sağlayabilir ve artan hava hızı sayesinde RRPM yükselirken, ana rotor pallerinin dakikada devir adedi ilave kollektif hatve tatbik edilerek, uçuş el kitabında belirtilen alt değerlerde kontrol edilebilir, bu durum normal şartlarda helikopterin otoratif süzülüştaki menziline artıracaktır.

Benzer şekilde, dönüş manevralarında, artan pal yüklemesi nedeniyle RRPM'de yükselme eğilimi görülebilir ve pilot RRPM'i üreticinin belirttiği limitler içinde tutabilmek maksadıyla küçük kollektif hatve tatbikleri yapmaya ihtiyaç duyabilir.

Otorotasyon inişi esnasında dönen ana rotor pallerinde depolanan enerji, alçalma oranını düşürmek ve yumuşak bir iniş yapmak maksadıyla kullanılır. Yüksek alçalma oranı olan bir helikopterin çöküşünü durdurmak için daha fazla ana rotor enerjisi gerekmektedir. Bu nedenle çok düşük veya yüksek hava hızlarındaki otoratif alçalmalar, asgari alçalma oranı hava hızıyla yapılan otoratif alçalmalardan çok daha kritiktir.

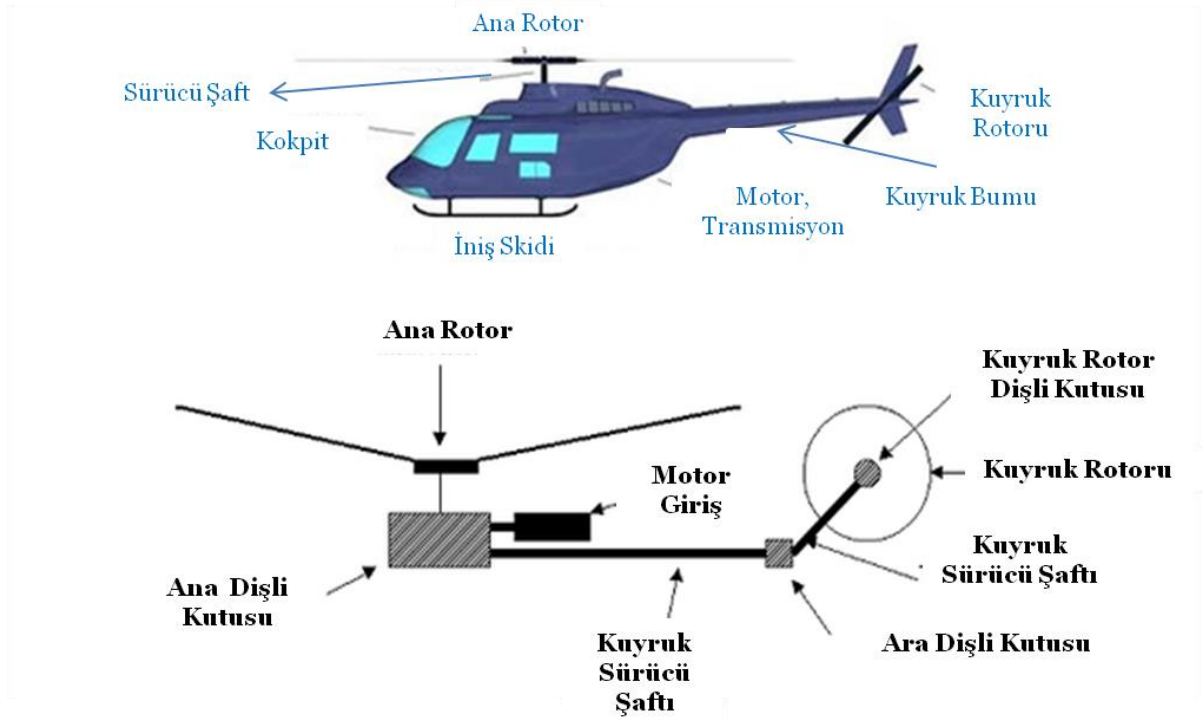


Ayrıca otorotasyon esnasında, ana rotor pallerinin geri sürüklenme kısımlarının pal boyunca yayılarak ana rotor pallerinin dönüşünü büyük oranda yavaşlatacağı bir hız olacaktır. Bu hava hızı normal olarak uçuş el kitabında belirtilen otorotasyon hava hızı limitidir. RRPM, sıfır hava hızında veya düşük hızlı otorotasyonda en alt değerinde olduğundan ve yere temas öncesinde flare manevrası için etkili bir hava

hızı olmadığından, iniş öncesinde alçalma oranını azaltmak ve yere teması yumuşatmak için ana rotor sisteminde yeteri kadar atalet/enerji olmayabilir. Bu duruma; özellikle düşük ataletli ana rotor sistemlerine sahip helikopterlerde rastlanmaktadır.

Sıfır ileri sürat veya düşük hava hızında yapılan otorotasyonlarda RRPM değeri en düşük seviyede olduğundan ve yere temas öncesinde flare manevrasını yapacak etkin bir hava hızı olmadığından, rotor sisteminde yere temas öncesinde alçalma oranını azaltacak ve inişi yumuşatacak yeteri kadar enerji olmayabilir. Bu durum, R-22, Rotorway ve Enstrom gibi özellikle düşük atalet sistemine sahip helikopterlerde görülmektedir.

Otorotasyon esnasında helikoptere manevra yaptırılabilir ve dönüş ve hava hızı değişim kombinasyonları, uçuş rotasını değiştirmek ve helikopteri uygun bir iniş yerine yönlendirmek amacıyla kullanılabilir.



Neredeyse bütün tek motorlu helikopterlerde, rutin olarak yere kadar otorotasyon veya motor susturularak iniş eğitimleri yapılmaktadır ve pilotların periyodik olarak yapılan yetenek değerlendirme ve kontrol uçuşlarında bu husus aranmaktadır. Motor susturulmuş durumda yapılan mecburi iniş eğitiminde öğretmen veya kontrol pilotu gazı kısar veya motor reglaj (governor) sistemini devre dışı bırakarak kollektif kumanda yukarı doğru tatbik edildiğinde motorun hâlâ rölanti durumunda kalmasını sağlar. Motor gerçekten kapatılmadığından, bu mecburi iniş eğitimleri helikopter dünyasında **Benzetilmiş Motor Arzası** olarak adlandırılmaktadır.

Otoratif İniş Tekniđi

Seçilen iniş bölgesine ulaşmak amacıyla yapılan dönüş ve sürat ayarlamalarının tek hedefi; otoratif süzülüştteki helikopteri yerden 300 feet yükseklikte tavsiye edilen işari hava hızında iniş yerine ayarlamaktır. Tavsiye edilen işari hava hızı genellikle asgari alçalma oranı hızından birkaç knot daha yüksektir, bunun nedeni de iniş öncesi uygulanacak olan flare manevrasından azami şekilde yararlanmaktır.

Uygun bir irtifada (helikopter tipine bağlı olarak genellikle 40-100 feet arasında) sürat, yavaşlayacak şekilde helikopter burnu yukarı kaldırılarak ruleli bir iniş için rahat bir hava hızına ayarlanır. Flare manevrasının iki faydası bulunmaktadır. Bunlardan birincisi ileri hızı yavaşlatmak, ikincisi de rotor sistemindeki depolanmış enerjiyi artıran ve iniş yastıklamayı sağlayan RRPM'ni yükseltmektir. Flare esnasında yaratılan ilave kaldırma gücü alçalma oranını azaltır.

Yere temas anındaki sürat ve sonrasında yerdeki rule mesafesi, flare oranı ve miktarına bağlıdır. Flare açısı büyük ve süresi de uzun olduğunda yere temas yavaş ve temas sonrası rule kısa olacaktır. Yere temas esnasında süratin düşük olması arzu ediliyor ise özellikle düşük atalet momentli rotor sistemine sahip helikopterlerde flare manevrasının zamanlama ve hızı o derece önem kazanmaktadır.



Flare manevrası normal olarak RRPM'i artıracğından pilot (düşük atalet momentli rotor sistemine sahip helikopterler hariç) manevra sonunda kolektif kumandayı hafifçe yukarı doğru tatbik edebilir. Kolektif kumandaya yapılan bu küçük tatbik genellikle "Kontrol" olarak bilinmektedir. Bu, biraz ilave RRPM kullanılarak ekstra

rotor itkisi sağlar ve rotor itkisi ileri hareket yönünün ters istikametinde hareket ettiğinden, hem alçalma oranını düşürür hem de daha fazla yavaşlama sağlar.

Helikopterin flare durumu yere temas anına kadar sürdürülemez, bunun nedeni de helikopter kuyruk rotorunun yere ilk önce temas etmesinin önlenmesidir. Bu nedenle flare manevrası tamamlandığında, yere temas öncesinde pilot saykılık kumandayı kullanarak helikopteri yere paralel hale getirmelidir.

Pilot, hafif ileri hızdaki helikopteri ufki duruma getirdikten sonra, rotor sisteminde yere teması yumuşatacak kadar bir atalet kuvveti kalmış durumdadır. Pilot, kolektifi yavaşça yukarı doğru tatbik ederek, ana rotor sisteminde kalan kaldırma enerjisinin tamamını veya bir kısmını helikopterin yere temasını yumuşatmak maksadıyla kullanır.

Flare manevrası esnasında saykılık kumanda ve kuyruk rotor pedallarının koordineli olarak kullanılması, helikopterin yere temas anında düz bir hatta olması için esastır. Yere temas sonrasında saykılık ve kolektif kumandalar, yerdeki rule bitene ve helikopter tam durana kadar hareket ettirilmemelidir. Bununla birlikte kuyruk rotor pedalları yerdeki ruleyi düz bir hatta tutmak maksadıyla gerektiğinde kullanılmalıdır.



Otorotasyon Eğitiminin İcrası

Özellikle yere kadar yapılan otorotasyon eğitimlerinde hedef, iniş noktasından 300 feet yükseklikte helikopteri tavsiye edilen işari hava hızına getirmek ve özellikle RRPM enerji yönetimini iyi bir şekilde gerçekleştirmektir.

Helikopter, üretici firmanın tavsiye edilen ileri hava hızında, yerden en az 500 feet irtifada ve rüzgâr baştan alınırken, kolektif yumuşakça ve kesintisiz bir şekilde, RRPM (Rotor Dakikada Devir Adedi) yeşil saha içinde muhafaza edilerek, tam aşağı durumuna kadar bastırılır.

1 Numaralı Pozisyon: Helikopterin denge durumunun muhafazası için kolektif kumanda hareketleri kuyruk rotor pedalları ile koordineli kullanılır ve saykılık kumanda da arzu edilen baş durumu ve hava hızının ayarlanması için kullanılır. Piston motorlu helikopterlerde kolektif kumanda tam aşağı bastırıldığında gaz kolu, Motor/Rotor RPM göstergesinde ibrelerin tam olarak ayrılmasını sağlamak için kısılmalıdır. İbrelerin ayrıldığı görüldükten sonra gaz kolu ERPM’i normal rölanti devri üzerinde tutacak, fakat ibrelerin yeniden birleşmesini önleyecek şekilde yeniden ayarlanır. Üretici firmalar genellikle ayarlanacak ERPM değerini belirlemektedir. Türbin motorlu ve motor reglaj (governor) sistemine sahip helikopter uçuş el kitaplarında farklı motor yönetim teknikleri üreticiler tarafından belirtilebilir.

2 Numaralı Pozisyon: Bu pozisyonda helikopter otorotasyona girmiştir ve üretici firma tarafından tavsiye edilen işari otorotasyon hava hızındadır. Helikopterin hava hızı sabittir ve RRPM yeşil sahadadır. Helikopter denge durumundadır.

3 Numaralı Pozisyon: Yerden yaklaşık olarak 40-100 feet veya üretici firma tarafından tavsiye edilen irtifada, ileri hızı yavaşlatmak ve alçalma oranını düşürmek amacıyla, geriye doğru yeteri kadar saykılık kumanda uygulanır. Flare manevrasına başlama yüksekliği helikopter tipine ve inilecek sahanın büyüklüğüne bağlıdır. Büyük ve ağır helikopterlerin rotor sistemleri daha yüksek irtifalarda flare yapılabilir. Hafif helikopterlerin rotor sistemlerinde çok daha az depolanmış enerji bulunduğundan yere daha yakın irtifalarda flare manevrası uygulanmalıdır.

Flare manevrasının uygulanmasında, helikopterin tırmanmasına neden olacağından, saykılık kumandanın geriye doğru ani olarak tatbik edilmemesine dikkat edilmelidir. Saykılık kumandanın geriye doğru çok yavaş tatbik edilmesi helikopterin alçalma oranını azaltmayacağından yine arzu edilen bir uygulama değildir. “Flare”, helikopter burnunu havaya kaldıran ve giderek artan oranda uygulanan tek seferlik bir manevradır ve burnun aşırı havaya kalkması önlenmelidir. Flare manevrası esnasında RRPM yükselmelidir. RRPM’deki bu yükselme pilotun, flare manevrası esnasında hem kaldırma hem de yavaşlamayı sağlayacak olan, hafif bir kolektif tatbiki ile bir “Kontrol” kumandası uygulamasına imkân sağlar.

Flare manevrası esnasında pilot hava hızını azalttığında, helikopterin alçalma oranı düşer ve rotorun dakikada devir adedi yükselir. Hedef; helikopteri arzu edilen iniş yerinden 5-10 feet yükseklikte, aynı anda sıfır alçalma oranı ve ileri sürata getirmektir. Bu noktada, helikopterin hızı ve irtifasından kaynaklanan enerjisi tükenmiş durumdadır ve helikopter düşmeye başlar. İşte burası, helikopterin rotor sisteminde depolanan enerjinin yere teması yumuşatmak için kullanılacağı yerdir.

Helikopter yere doğru yaklaşırken pilot kolektif kumandayı yukarı doğru tatbik ederek ana rotor pallerinin hücum açısını artırır ve rotor sistemi stol olmadan önce bir kaldırma kuvveti kazanır. Doğru bir zamanlama ile helikopter durmak için yavaşlamakta olan palleri ile yere inmiş olacaktır.

4 Numaralı Pozisyon: Helikopter kuyruğu ile zemin arasındaki açıklık azalırken ve ileri sürat koşan adam hızına düşerken, saykılık kumanda ileri doğru tatbik edilerek helikopter ufki duruma getirilmelidir. Bu esnada; üretici firmanın tavsiyesine bağlı olarak yerden yükseklik yaklaşık olarak 8 ile 15 feet arasında olmalıdır. 10 feet irtifa altında burnun aşırı yukarı kalkmaması için aşırı dikkat gösterilmelidir.

5 Numaralı Pozisyon: Bu noktada rotor sisteminde kalan atalet sadece kaldırma gücü sağlamaktadır ve helikopter ileri hava hızı ile alçalmaktadır. Pilot, kolektif kumandayı, alçalma oranını muhafaza etmek ve inişi yumuşatmak amacıyla gerektiği şekilde yukarı doğru tatbik etmelidir. Kolektif kumanda yukarı doğru tatbik edilirken helikopterin baş istikametinin muhafazası için kuyruk rotor pedalları kullanılmalı ve RRPM'deki azalma nedeniyle kuyruk rotor etkinliğinin de azaldığı göz önünde bulundurulmalıdır.



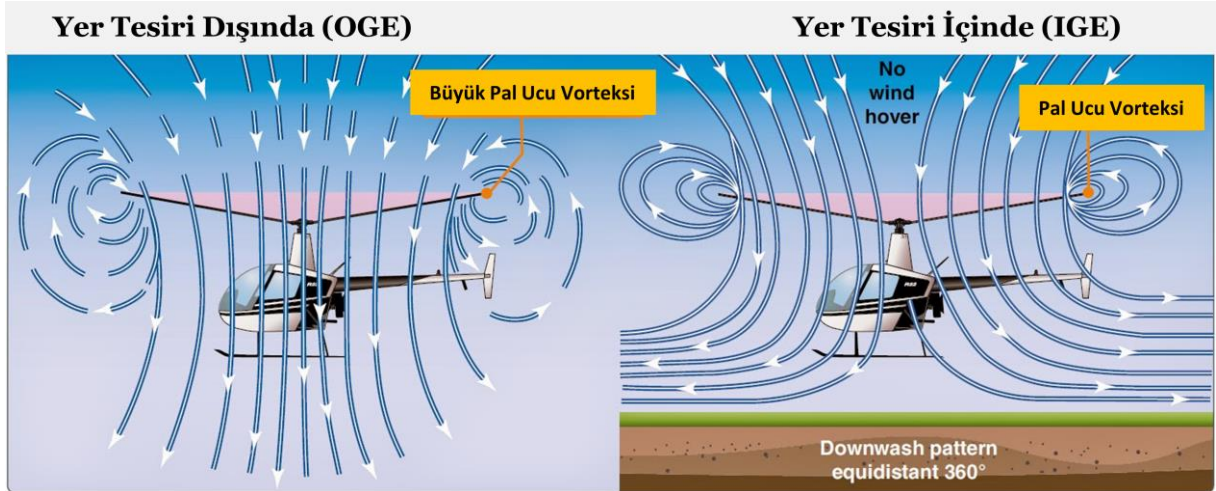
Kaza sonrası ağır hasara uğrayan ve yanan bir helikopter

Yere temas edildikten ve helikopter tam durduktan sonra kolektif kumanda yavaşça tam aşağı durumuna bastırılır. Yere temas sonrasında, düşük RRPM değerlerinde, ana rotor pallerininin kuyruk bumuna çarpmasına neden olabileceğinden, helikopterin ileri doğru hareketini durdurmak amacıyla geriye doğru saykılık kumanda tatbiki yapılmamalıdır. Bunun yerine; helikopteri yavaşlatmak amacıyla

yer rulesi esnasında kolektif kumanda hafifçe bastırılarak iniş takımları üzerine daha fazla yük bindirilmelidir.

Otorotasyonda Yapılan Yaygın Hatalar

- Otorotasyon ile iniş eğitimlerinde otorotasyona uygun irtifa ve hava hızında girmek
- Kolektif bastırıldığında yeteri kadar pedal tatbik etmemek.
- Motor gücü kaybolduğunda helikopter burnunu süratle aşağı vermek. Rotor sisteminin yükten kurtarılması daha fazla RRPM düşmesine neden olacak ve ileri doğru hızlanma işari hava hızının artmasına ve alçalma oranının artmasına neden olacaktır.
- Alçalma esnasında RRPM'i uçuş el kitabında belirtilen limitler içinde tutmamak.
- Flare manevrasının etkili olduğu tavsiye edilen işari hava hızını sürdürememek.
- Yanlış irtifada flare manevrasına başlamak.
- Çok hızlı ve sert veya yetersiz flare manevrası tatbik etmek.
- Flare manevrasını çok yüksek irtifada bitirmek.
- Yerden çok yüksekte kolektif kumanda tatbikine başlamak.
- Yere temas esnasında helikopterin istikametini muhafaza edememek.
- Yere temas öncesinde helikopteri ufki duruma getirememek.

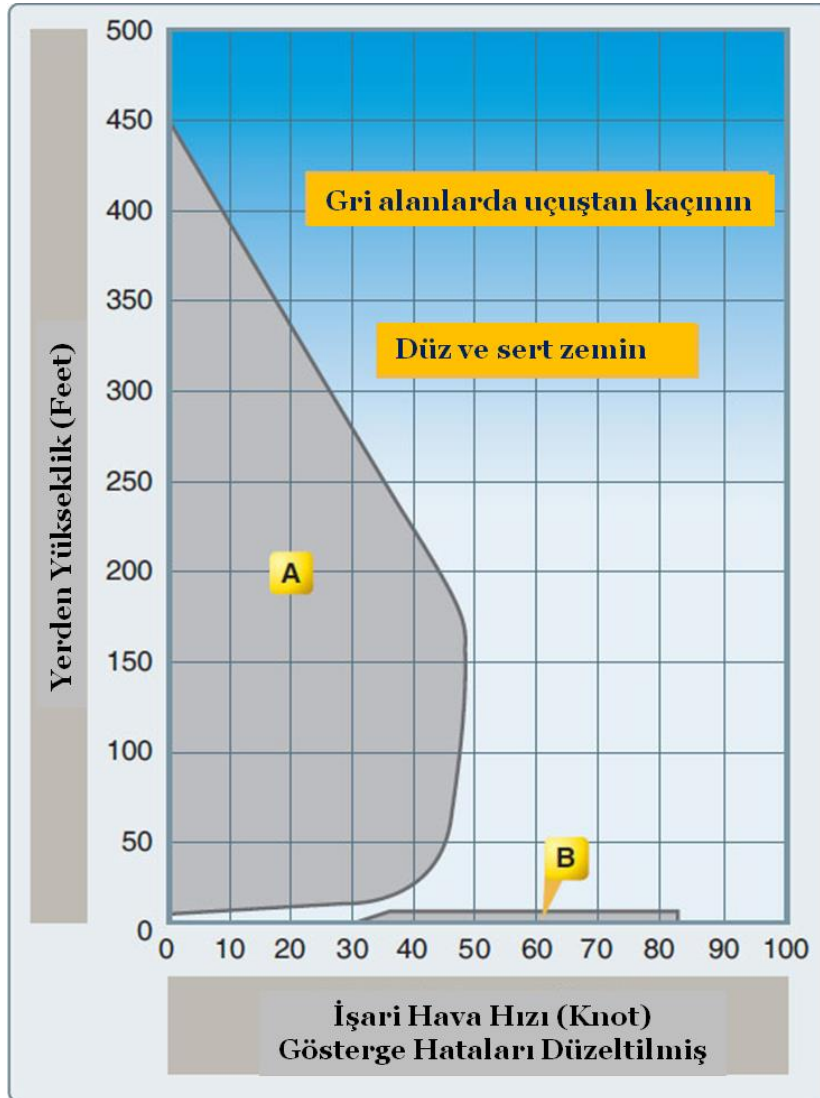


Motor havır uçuşu (yerden 5-10 feet yükseklikte ve az veya sıfır ileri süratte) esnasında durduğunda pilotun süratle tepki göstermesi gerekmektedir. Pilot, sadece birkaç saniye içinde; derhal başın sağa-sola kaçışını önlemek için uygun pedal tatbik etmeli, helikopterin ufki durumunu tesis etmeli ve inişi yumuşatmak maksadıyla kolektif kumandayı kullanmalıdır.

Buraya kadar anlatılanların tamamı kitaplarda yazan usullerdir. Gerçek bir otorotasyonda olaylar daha karmaşık bir hal alabilir. Örneğin Bell Jet Ranger modeli bir helikopter iki pilotla bir havaalanından kalkış yapar. Yerden yaklaşık olarak 300

feet irtifada, kumandalar kontrole tabi tutulan pilotta iken motor stop eder. Panik yapan pilot otorotasyona giriş prosedürünü uygulamaz. Kontrol pilotu derhal kumandaları kavrayarak RPM'in daha fazla düşmesini engellemek ve otoratif süzülüşü başlatmak için kolektif kumandayı aşağı doğru bastırır.

Bu esnada rotor RPM'i tehlikeli bir şekilde normal çalışma limitlerinin altına düşmüştür ve %70-80 seviyesindedir. Helikopterin ilerisindeki yüksek gerilim hatlarından sakınmak maksadıyla kontrol pilotu biraz kaldırma kuvveti kazanmak için kolektif tatbikine karar verir. Bu manevra rotor RPM'inin daha da düşmesine neden olur. Yüksek gerilim hattı geçildiğinde rotor RPM'i artık %60 seviyesine düşmüştür, helikopter artık uçamaz durumdadır ve 100 feet irtifadan dikey olarak düşer. Sert iniş nedeniyle her iki pilotun da alt yedi omurgası zarar görür, fakat hayatta kalmayı başarırlar.



Bu spesifik olayda, motor kritik bir zamanda; helikopter yere yakın bir irtifada, düşük süratte ve yüksek güç uygulanırken stop etmiştir. Bu faktörlerin her biri pilotun başarılı bir otorotasyon yapma kabiliyetini olumsuz yönde etkilemiştir. Yüksek güç

uygulamanın anlamı, motor sustuğunda ana rotor pal hücum açıları yüksek olmasıdır. O anda, önemli ölçüdeki geri sürükleme nedeniyle, ana rotor pallerinin dakikada devir adedi süratle düşmüştür. Alçak irtifa ve düşük ileri sürat pilota reaksiyon göstermek ve düşen RPM’i toparlamak için çok az bir zaman bırakmıştır. Ve çoğunlukla olduğu gibi durum, ortamdaki engeller nedeniyle manevra yapılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Bu olay, akla uçuş zarfının belirli sahalarında uçmaktan kaçınmanın akıllıca olup olmadığı sorusunu getirmektedir. Bu sorunun cevabı kesinlikle evettir. Aslında helikopter üreticileri, uçuş el kitaplarında kaçınılması gereken hava hızı ve irtifa kombinasyonlarını gösteren bir kart yayınlamaktadır. Bu diyagramın yaygın olarak kullanılan adı Yükseklik-Hız diyagramıdır. Düşük hava hızı ve irtifalarda helikopter, pilotun başı aşağı vermesi ve helikopteri hızlandırması için yeterli yüksekliğe sahip olmayabilir. Yüksek hız ve düşük irtifada uçuşlar ise pilota bir motor arızası durumunda reaksiyon göstermesi için gereken zamanı sağlamayabilir. Yükseklik-Hız diyagramının “B” bölgesinde motor susması pilotun aşırı bir flare yapmasını gerektirdiğinden kuyruk bumu yere çarpabilir.



Tellere takılan, asılı kalan ve yanan bir AS-355 modeli helikopter.

Yükseklik-Hız diyagramları çoğunlukla helikopter el kitaplarının acil durum uygulamaları kısmında değil, performans bölümünde yer alırlar. Bunun anlamı pilotun tehlikeli sahalarda uçmasının yasaklanmamış olmasıdır. Yükseklik-Hız diyagramının maksadı; pilota bazı belirli durumlarda başarılı bir otorotasyonun mümkün olamayabileceğini hatırlatmaktır. Bunun yanı sıra yüksek yoğunluk irtifası, yüksek güç uygulamaları ve gros ağırlığın yüksek olduğu durumlarda da pilotlar çok dikkatli olmak zorundadırlar.

Pilotların yere kadar yapılan otorotasyonlarda yeterli hale gelebilmesinin tek yolu eğitim yapmaktır. Öğrenci pilotların helikopter uçuş eğitiminde ileri, 180 derece ve havırdan otorotasyon yapmayı öğrenmeleri ve bunu göstermeleri gerekmektedir.

Helikoptere hasar verebilecek en olası an yere temas anı olduğundan, birçok öğretmen pilot yere kadar otorotasyon yerine **“Güçlü Kurtarma”** olarak adlandırılan manevrayı uygulurlar. Motor çalışır durumda olduğundan, flare manevrası esnasında gaz kolu tam olarak açılır ve helikopter havır pozisyonuna getirilir. Güçlü kurtarma, yere kadar yapılan otorotasyonlar birçok hasara neden olduğundan çok daha sık olarak yapılan bir eğitimidir. Öğretmen pilotlar, hem yere kadar yapılan otorotasyon eğitimlerinde hem de güçlü kurtarma eğitimlerinde çok dikkatli olmalıdırlar.

Tam da böyle bir olay Harrison Ford’un da başına gelmiştir. Ford, uçuş sertifikasına sahip bir helikopter pilotudur. Harrison Ford, yanında bir öğretmen pilot ile Bell Long Ranger modeli helikopterinde otorotasyon eğitimi yaparken, kuru bir dere yatağından 150-200 feet irtifada flare manevrasına başlar ve sonra helikopteri havır pozisyonunda tutmak için gaz kolunu açmaya başlar. Öğretmen pilotun ifadesine göre motor tepki vermez ve pilotları yere kadar inişe zorlar. Helikopter sert iniş yapar ve gevşek kumda ileri doğru kayarken sol skid bir ağaç kütüğüne takılır ve helikopter sol tarafa devrilir. Ford ve öğretmen pilot olaydan yara almadan kurtulurlar.

Bir helikopteri motor gücü olmadan yere indirmeyi öğrenmek pilotlara gerçekten keyif veren ve onları tatmin eden bir uçuş manevrasıdır. Otorotasyon, bütün helikopter pilotlarının dikkatli bir şekilde pratik yapmalarını gerektiren bir yetenektir. En deneyimli pilotlar dahi otorotasyon sanatında asla uzman olamazlar.

Bütün uçuculara emniyetli uçuşlar dilerim...