

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

UÇAK BAKIM

**TEMEL PERVANE
525MT0067**

Ankara, 2011

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ - 1	3
1. UÇAK PERVANELERİ	3
1.1. Pervane Terimleri	3
1.1.1. Pervanenin Temel Yapısı ve Pala Elemanı Teorisi	3
1.1.2. Pala Açısı, Ters Açısı, Hücüm Açısı, Dönme Hızı	6
1.1.3. Aerodinamik, Merkezkaç ve Çekme/İtme Kuvvetleri	9
1.1.4. Tork	10
1.1.5. Pala Hücüm Açısında Bağlı Hava Akışı	11
1.1.6. Titreşim ve Rezonans	12
1.2. Pervane Yapısı	13
1.2.1. Kompozit ve Metal Pervanelerin Yapım Yöntemleri ve Kullanılan Malzemeler	13
1.2.2. Pala İstasyonları, Pala Boynu, Pala Yüzü, Pala Sırtı ve Göbek Tertibatı	15
1.2.3. Sabit Hatveli, Kontrollü Hatveli, Sabit Hızlı Pervane	18
1.2.4. Pervane / Spinner Yerleşimi	18
1.3. Pervane Hatve Kumandası	19
1.3.1. Hız Kontrolü ve Hatve Değiştirme Yöntemleri	19
1.3.2. Bayraklama (Feathering) ve Ters Hatve	22
1.3.3. Aşırı Hız Koruması	22
1.4. Pervanenin Buzdan Korunması	22
1.4.1. Sıvı ve Elektrik Buz Çözen Tertipler	22
UYGULAMA FAALİYETİ	24
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	26
ÖĞRENE FAALİYETİ - 2	27
2. PERVANENİN BAKIMI	27
2.1. Bakım Yöntemleri	27
2.1.1. Günlük Bakım	27
2.1.2. 100 Saatlik Periyodik Bakım	28
2.1.3. Özel muayene	29
2.1.4. Pervane temizliği	29
UYGULAMA FAALİYETİ	30
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	34
MODÜL DEĞERLENDİRME	35
CEVAP ANAHTARLARI	36
KAYNAKÇA	37

AÇIKLAMALAR

KOD	525MT0067
ALAN	Uçak Bakım
DAL/MESLEK	Uçak Elektronik Teknisyenliği
MODÜLÜN ADI	Temel Pervane
MODÜLÜN TANIMI	Bu modül pervane ve bağlantılarını inceleyebilme ile ilgili bilgilerin verildiği bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/24
ÖN KOŞUL	Motorun Toplanması ve Çalıştırılması modülünü başarmış olmak
YETERLİK	Temel Pervane modülü ile pervane terimlerini kavramak ve basit kontrollerini yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Gerekli ortam sağlandığında bakım dokümanlarında (AIRCRAFT MAINTENANCE MANUEL-AMM) belirtildiği şekilde pervane ve bağlantılarını inceleyebileceksiniz. Amaçlar 1. Bakım dokümanlarında kullanılan pervane terimlerini kavrayabileceksiniz. 2. Bakım dokümanlarında (AMM) belirtildiği şekilde pervanenin basit kontrollerini yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Atölye, işletme, internet ortamı, teknoloji sınıfı, kütüphane, bakım yapan uçak işletmeleri Donanım: Televizyon, VCD, DVD, tepegöz, projeksiyon, bilgisayar, eğitim maketleri, alet ve avadanlıklar, AMM, uyarıcı levhalar
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Pervane teknolojisi havacılığın gelişmesiyle paralel olarak hızla değişimlere uğramıştır. Bu değişiklikler günümüzde de devam etmektedir. Gelişen pervane teknolojisiyle birlikte pervanelerin bakım ve onarımını da yapacak donanıma sahip, aynı zamanda kendini gelişen teknolojiyle beraber yenileyecek teknik elemanlara büyük ihtiyaç duyulmaktadır.

Temel Pervane modülüyle pervane terimleri, pervanenin çalışması ve kontrolleri hakkında bilgiler verilmektedir. Bu modüldeki bilgileri iyi anlayarak ve yenilenen teknolojileri takip ederek sizlerin de pervaneler konusunda donanımlı bir teknik eleman olacağınıza inanıyoruz.

ÖĞRENME FAALİYETİ - 1

AMAÇ

Bakım dokümanlarında kullanılan pervane terimlerini kavrayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

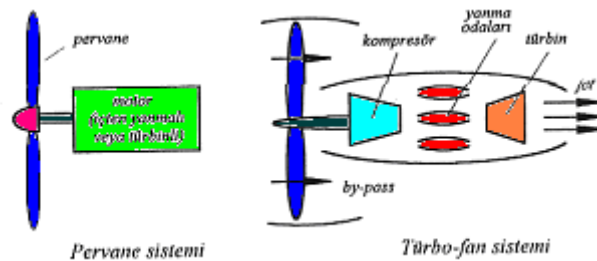
- Pervane sistemi elemanlarını araştırınız.
- İnternette ve pervane bakımı yapan uçak şirketlerini ziyaret ederek araştırma yapınız.
- Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getiriniz ve hazırladığınız raporu sınıftaki arkadaşlarınızla sunu yaparak paylaşınız.

1. UÇAK PERVANELERİ

1.1. Pervane Terimleri

1.1.1. Pervanenin Temel Yapısı ve Pala Elemanı Teorisi

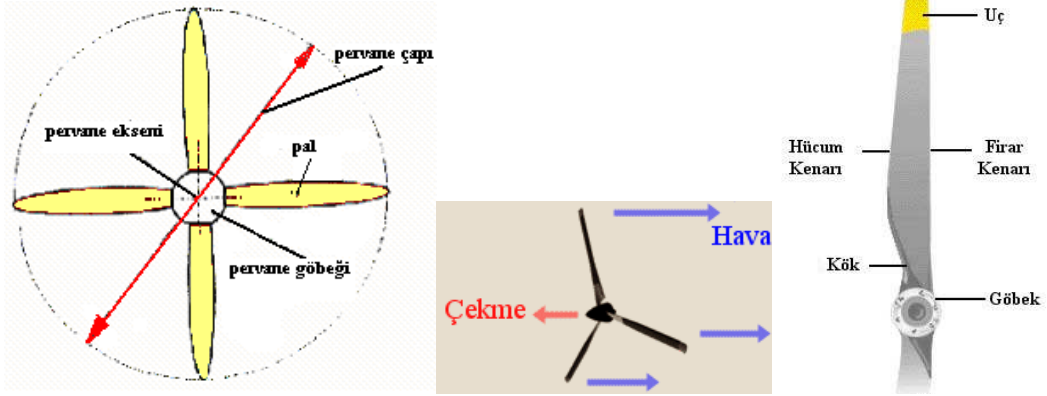
Uçağı ileri doğru çeken kuvvet (thrust) havanın geriye doğru, momentumun artırılarak gönderilmesi suretiyle elde edilir. Momentumun artımı bir pervane ile havanın geriye doğru hızlandırılması ile veya modern, yüksek by-pass'lı türbojet motorlarında kısmen türbinde (dar bir mecraadan geniş bir mecraya) genişlemeyle ve kısmen de bir tür pervane olan fan ile hızlandırmak suretiyle elde edilir.



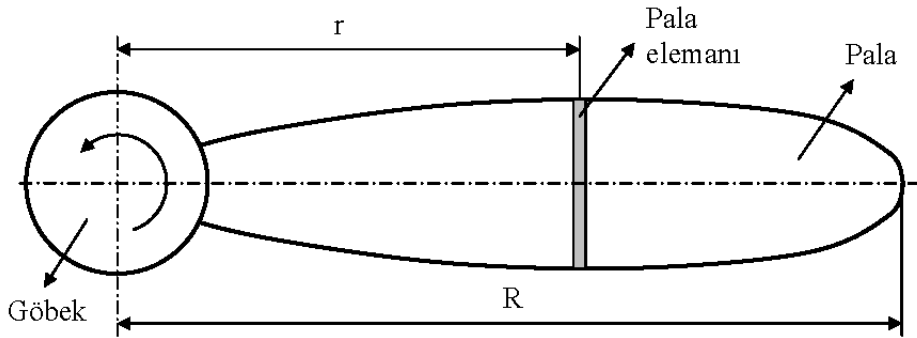
Şekil 1.1: Uçaklarda pervane ve turbo fan sistemi

Pervane, içten yanmalı bir motorun veya türbinli bir motorun (turbo-prop) ürettiği mekanik enerjiyi, önündeki havayı uçağın hareket yönüne zıt yönde hızlandırmak suretiyle itme ve çekme gücüne çevirir.

Bir pervane göbeği etrafında eşit açısal aralıklarla konumlandırılmış ve pala (blade) adı verilen kanatçıklardan meydana gelir. Pervane iki veya daha fazla palanın bir göbeğe (hub) monte edilmesinden oluşur. Göbek palaları motor şaftına bağlar.



Şekil 1.2: Pervane geometrisi [12]



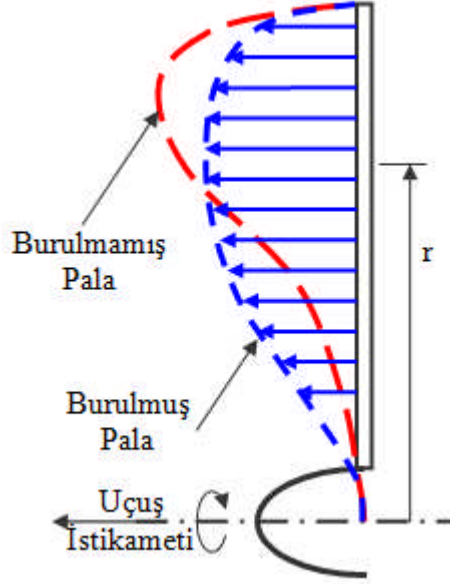
Şekil 1.3: Bir pervanenin pala elemanı

Bir pervanenin ürettiği çekme/itme kuvvetinin gerektirdiği motor gücünün hesaplanmasında yararlanılan teorilerden biri de pala elemanı teorisidir. Pala elemanı teorisi, pervane palasının pala kökünden ucuna kadar sonsuz sayıda çok ince genişliklere sahip profillere (kanat kesit biçimlerine) bölünebileceğini kabul eder. Örneğin, 3 m çapındaki bir pervanede göbek çapı 30 cm ise palanın boyu 135 cm olacaktır ve bu pala 1 cm genişliğindeki 135 pala elemanına (profile) bölünebilecektir. Şekil 1.3'te pervanenin dönme merkezinden "r" uzaklıktaki böyle bir pala elemanını görülmektedir.

Pala elemanı teorisine göre yan yana getirilerek birleştirilmiş çok sayıda profil, bir düzlem içinde bir merkez etrafında döndürüldüğünde itme/çekme kuvveti üretebilecek bir pala meydana getirir. Pala en iyi tasarım hızında dönerken her bir pala elemanı kendisinin en iyi hücum açısında itme/çekme kuvveti üretecek şekilde tasarlanmalıdır.

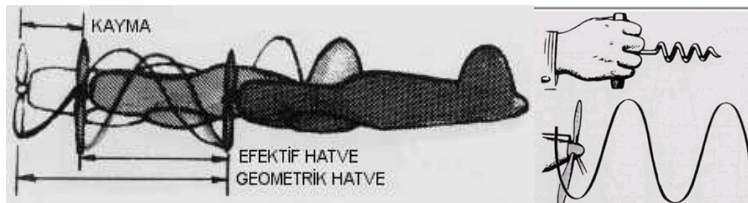
Pervanenin aerodinamik kuvvet üreten elemanı olan pala aslında burulmuş (twisted) bir yapıdadır. Burulmuş olmasının ve uca doğru incelerek gitmesinin sebebi pala boyunca

düzgün dağılmış bir itme kuvveti oluşturmaktır. Çünkü pervane palası üzerinden akan hava akımı uç kısımda en yüksek hızına ulaşır. Bu durumda sabit kesitli bir pervane yüksek devirle kullanıldığında uç kısımlarda büyük sorunlara yol açar.



Şekil 1.4: Burulmuş ve burulmamış palada itme kuvvetinin yarıçap boyunca dağılımının karşılaştırması

- Güç iletme şekline göre pervaneler
 - Çekici pervane: Uçakta çekme kuvveti elde etmek için kullanılır. Bu tip pervaneler motorun önündedir. Motor sayısı ve motorun uçaktaki yerleşimine göre yerleri değişir.
 - İtici pervane: Uçağa itme kuvveti aktarır. Bunlar motorun arkasındadır ve uçağın arka tarafına bakar. Bu tip pervane kullanılan uçaklarda motor, gövde gerisinde ya da kanat firar kenarındadır.
- Hatve (pitch) özelliğine göre
 - Sabit hatveli pervane, kontrol edilebilen hatveli pervaneler, sabit hızlı pervaneler olmak üzere çeşitleri vardır (Pervane yapısı başlığı altındaki konuda anlatılacaktır.).



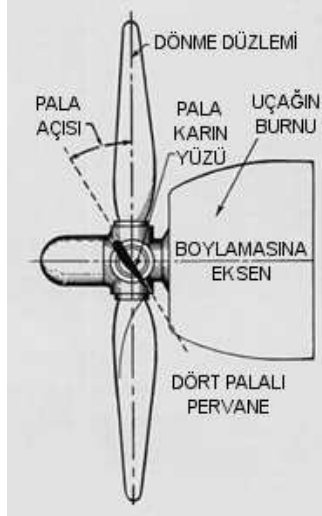
Şekil 1.5: Geometrik hatve, efektif (gerçek) hatve ve pervane yolu

- **Pala yolu:** Pala elemanının pervanenin hareketiyle birlikte izlediği vida hareketine benzer helisel yörüngedir.
- **Geometrik hatve:** Sürüklenme kuvveti ve diğer kayıplar dikkate alınmadığında pervanenin bir tam dönüşünde ilerleyebileceği teorik mesafedir.
- **Efektif hatve:** Sürüklenme kuvveti ve diğer kayıplar nedeniyle pervanenin bir tam dönüşünde ilerleyebileceği gerçek mesafedir.

1.1.2. Pala Açısı, Ters Açı, Hücum Açısı, Dönme Hızı

➤ Pala açısı

Bir pervane palasının sonsuz sayıda pala elemanının yan yana gelmesinden oluştuğu düşünülebilir. Pala elemanları kanat profili şeklindedir. Pala açısı, pala elemanının veter çizgisinin pervanenin dönme düzlemiyle yaptığı açıdır. Çoğu pervane profilinin karın tarafı düz olduğundan veter çizgisi çoğunlukla karın (pala yüzü) boyunca çizilir. Pala açısı, pala kökünden ucuna kadar aynı değildir. Pala elemanları, dönüş düzleminde, pala boyunca farklı hücum açılarında yerleştirilmişlerdir. Çünkü her pala kesiti farklı hızda hareket eder. Pala köküne (pervane göbeğine) yakın kısımlar daha yavaş hareket ederken en uçtaki pala elemanı en yüksek hızda hareket eder. Eğer bütün elemanlar pala boyunca aynı pala açısında olur ise bağıl rüzgâr (relative wind) bu elemanlara aynı hücum açısıyla gelmeyecektir. Bunun nedeni dönme merkezine olan uzaklıkları nedeniyle pala elemanlarına farklı hızların etkimesidir. Her bir pala elemanı kendisinin en iyi tasarım hızında dönerken en iyi hücum açısında çekme kuvveti meydana getirecek şekilde tasarlanır.



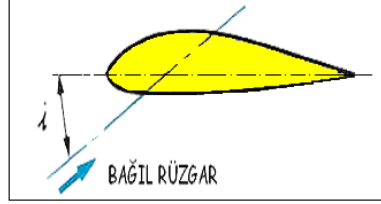
Şekil 1.6: Pala açısı

➤ Ters açı

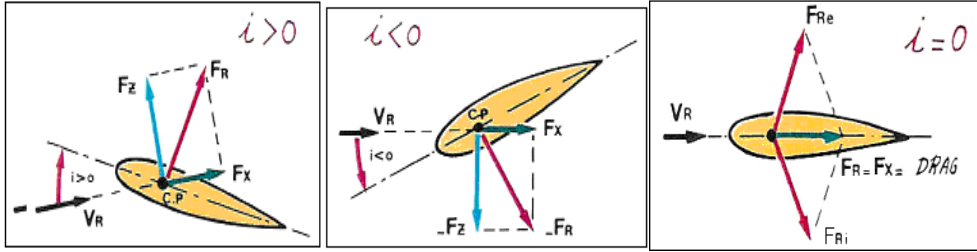
Değişken hatveli (pitch) pervaneli uçaklarda hatve açısı pilotun el ile kumandasıyla değiştirilebilir. Hatve açısı ters çevrilerek (negative pitch) itme kuvveti sıfırlanabilir veya ters yöne çevrilebilir. Bu ters hatve sayesinde bazı uçakların kısa mesafede durdurulması mümkün olur.

➤ Hücüm açısı

Hücüm açısı (angle of attack), veter çizgisiyle bağıl rüzgârın yönü arasındaki açıdır.



Şekil 1.7: Hücüm açısı (i)



Şekil 1.8: Hücüm açısının aerodinamik kuvvete etkisi

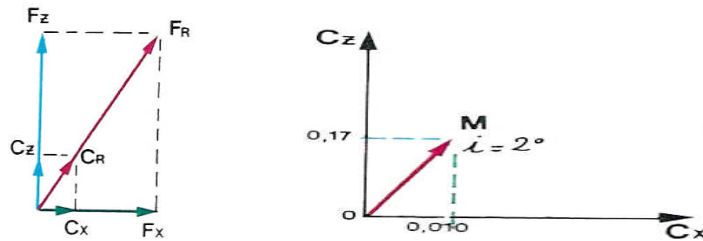
Hücüm açısı pozitif olduğu zaman basınç merkezine etkidiği farz edilen F_R aerodinamik kuvvetinin yönü yukarıya ve arkaya doğrudur.

Eğer hücüm açısı negatifse olay tersine döner. F_R aşağı ve geriye doğrudur ve kanat profilini aşağı doğru çeker. Bu durumda F_R 'nin aşağı doğru olan bileşeni F_z , negatif taşıma olarak isimlendirilebilir.

Eğer hücüm açısı sıfır olursa simetrik kanat profilinde akış, alt ve üst yüzeyde simetriktir. Alt ve üst yüzeydeki basınç kuvvetleri eşittir ve bunların bileşkesi olan F_R akıma paraleldir. Bu durumda sadece sürüklenme vardır, taşıma yoktur.

C_z : taşıma katsayısı, C_x : sürüklenme katsayısı

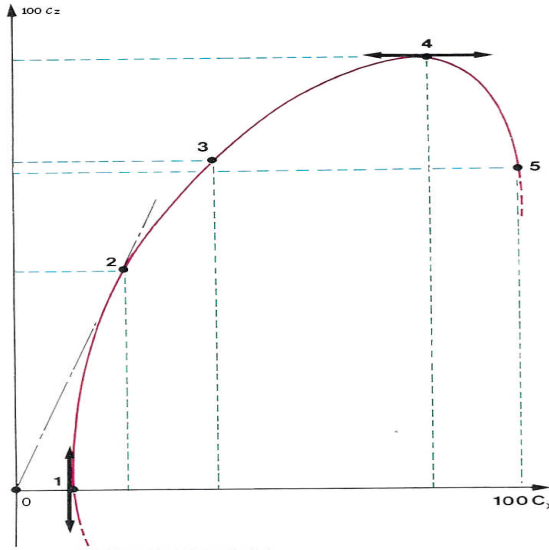
Taşıma (F_z), sürüklenme (F_x) ve bunların bileşkesi olan aerodinamik kuvvet (F_R), C_z , C_x ve C_R katsayılarına bağlı olarak değişir. Bu katsayılar ise hücüm açısına (i) bağlı olarak değişir.



Şekil 1.9: C_x ve C_z bilgileri ile C_R ve F_R 'nin bulunması [7]

Bir kanat profilinin aerodinamik özelliklerini uygun şekilde dizayn ederken ona yeterince karar vermeli, her hücum açısı için C_x ve C_z bilgileri ve onların grafikleri çizilmelidir.

Örnek: $i = 2^\circ$ için simetrik kanat profilinin durumu C_r faktörünün büyüklük ve yönü OM vektörü ile gösterilmiştir.



Şekil 1.10: Simetrik bir kanat profili polar eğrisinin genel şekli ve polar eğrisinin üzerinde bulunan özel noktalar [7]

Hücum açısı 1 ile 5 noktaları arasında artmaktadır.

1.noktasında: Hücum açısı 0° 'dır. Taşıma olmaz ve sürüklenme minimumdur.

2.noktasında: Bu noktada taşıma/sürüklenme oranı maksimumdur. Profilin aerodinamik bakımından en verimli olduğu noktadır.

3.noktasında: Minimum güçle uçuş noktasıdır. C_x^2 / C_z^3 oranı minimumdur.

4.noktasında: Maksimum taşıma katsayısı elde edilir. 1'den 4'e kadar taşıma ve sürüklenme artar, 4 noktasının ötesinde hücum açısı artırılrsa da taşıma katsayısı düşer 4-5 noktaları arası kritik bölgedir.

5.noktasında: Burada tam bir tutunma kaybı meydana gelir. Sınır tabaka ayrılır ve taşıma ortadan kalkar ya da aniden çok büyük düşüş gösterir.

➤ Dönme Hızı

Pervanenin dönme hızı " V_R " pala boyunca yarıçap ile artış gösterir.

$$V_R = \omega \cdot r$$

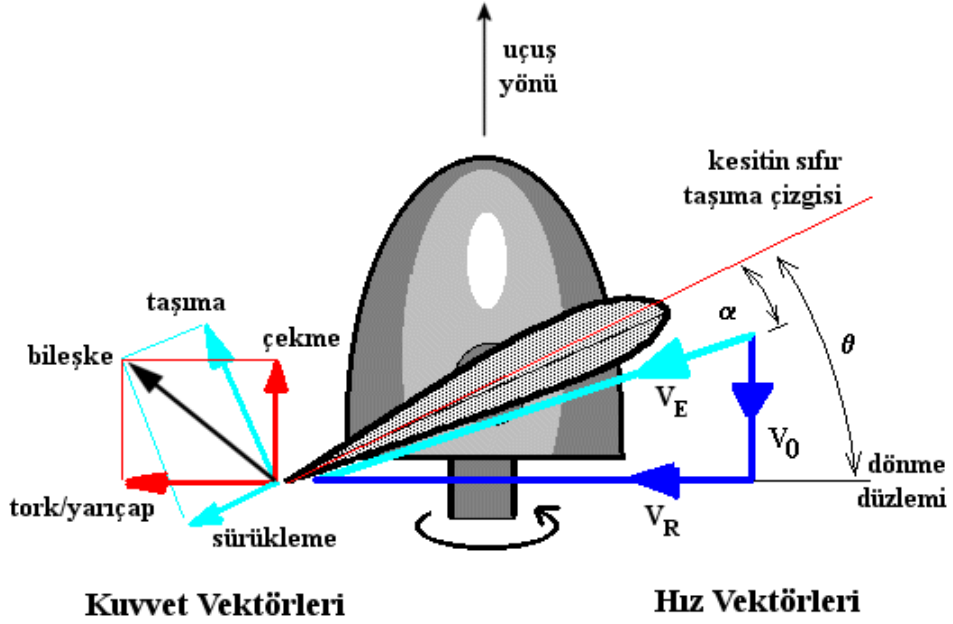
Burada, ω , pervanenin açısal hızı olup, pervane devir sayısı (n) ile orantılıdır:

$$\omega = 2\pi n$$

Pervanelerde dönme hızı motor devir parametrelerine göre değişir ama gelişen pervane teknolojileri ile birlikte değişken motor devirlerinde pervane dönme hızını sabitleyen sistemler bulunmaktadır.

1.1.3. Aerodinamik, Merkezkaç ve Çekme/İtme Kuvvetleri

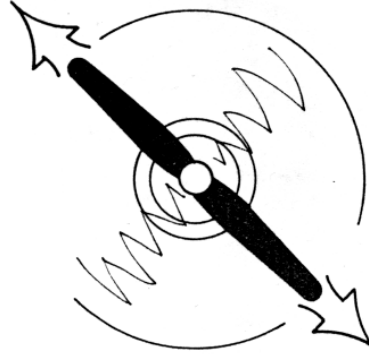
Şekil 1.11’de bir pervanenin pala kesitine (elemanına) etkiyen hızlar ve kuvvetler gösterilmiştir. Şekilde θ pala açısı, α pala elemanının hücum açısıdır. V_0 şiddeti uçağın ileri doğru uçuş hızına eşit olan bağıl uçuş hızı, V_R pala elemanının dönme hızı ve V_E bu hızların bileşkesi olan bağıl rüzgâr hızıdır.



Şekil 1.11: Pervane pala elemanına etkiyen hızlar ve kuvvetler

Hücum açısı ve bağıl rüzgâr hızı pala elemanına etkiyen taşıma ve sürükleme aerodinamik kuvvetlerini doğurur. Taşıma kuvveti bağıl rüzgâr hızı doğrultusuna dik yöndedir. Sürükleme kuvveti ise bağıl rüzgâr hızına paralel ve aynı yöndedir. Taşıma ve sürükleme kuvvetlerinin bileşkesi olan kuvvette bir aerodinamik kuvvettir. Bu bileşke aerodinamik kuvvet biri dönme düzlemine dik, diğeri dönme düzleminde kalacak iki bileşen hâlinde düşünebilir. Dönme düzlemine dik olan bileşen pervane çekmesi (thrust), dönme düzleminde kalan bileşen ise pervane torkuna neden olan direnç kuvvetidir. Direnç kuvveti torkun yarıçap uzunluğuna oranıdır veya direnç kuvveti ile yarıçapın çarpımı torka eşittir.

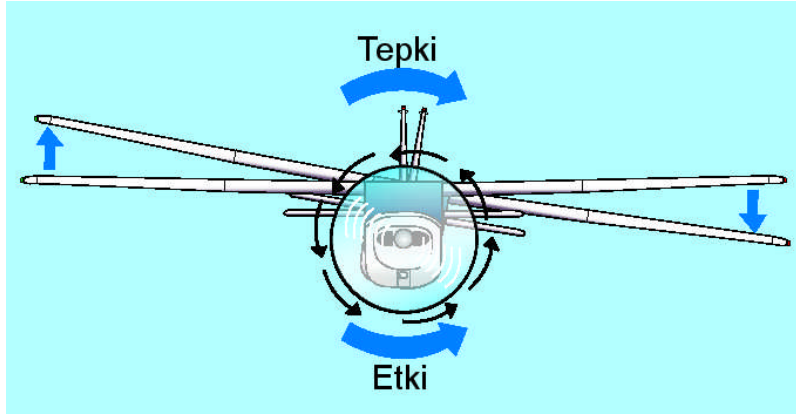
Aerodinamik kuvvetlerin yanında pervaneye etkiyen diğer bir kuvvet ise merkezkaç kuvvettir. Dönen palaların kütleleri palaların radyal yönde dışa doğru savrulmaya çalışmalarına neden olan merkezkaç kuvveti doğurur (Şekil 1.12).



Şekil 1.12: Merkezkaç kuvvet

1.1.4. Tork

Pervane torkunun gerek tek motorlu pervaneli, gerekse tüm motorları ve pervaneleri aynı yönde dönen çok motorlu uçakların davranışlarına yan etkisi vardır. Örneğin; bir uçağın burnunda pilot tarafından bakıldığında saat yönünde dönen bir pervane ve motora karşılık, Newton'un etki-tepki prensibiyle uçağın gövdesi saat yönünün tersine dönmeye çalışacaktır. Bu nedenle pervaneleri saat yönünde dönen uçaklarda sol kanadın gövdeye takılma açısı sağ kanada göre daha yüksektir. Bu da sol kanat da daha fazla taşıma kuvveti yaratarak uçağın pervane dönüş yönünün tersi olan sola doğru yatma eğilimini kaldırır.

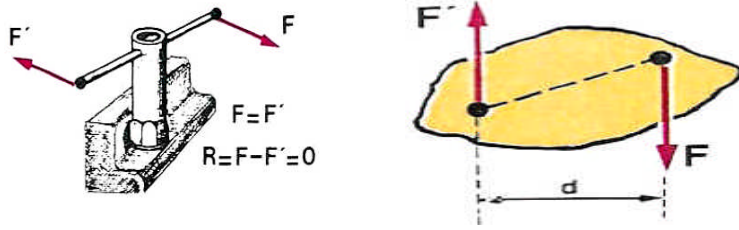


Şekil 1.13: Pervane torkunun uçağa etkisi [5]

Helikopter ana rotorlarında oluşan bu tork etkisi kuyruk kısmına konmuş torka karşı ters tork yaratan (anti tork) kuyruk rotoru ile giderilir.

Moment = 0 Momentin sıfır olması o cismin özgürce dönmesine sebep olur ve dönmenin etkisiyle cisimde oluşabilecek şekil bozuklukları önlenmiş olur.

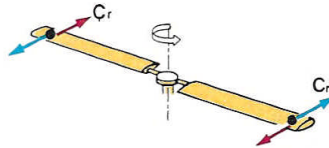
Eşit ve zıt yönlü iki paralel kuvvet ($F - F'$)



Şekil 1.14: Eşit ve zıt yönlü iki paralel kuvvet ($F - F'$)

Torkun karakteristik özelliklerinin yeterliliği moment'tir: $M = d \cdot F$

Torkun momentinin birimi Newton metre (N.m)'dir. Çoğu zaman deca Newton metre (m.daN). İki tork gerilmesi momentleriyle eşittir ($C_m = C_r$).



Şekil 1.15: Pallerin oluşturduğu tork kuvveti

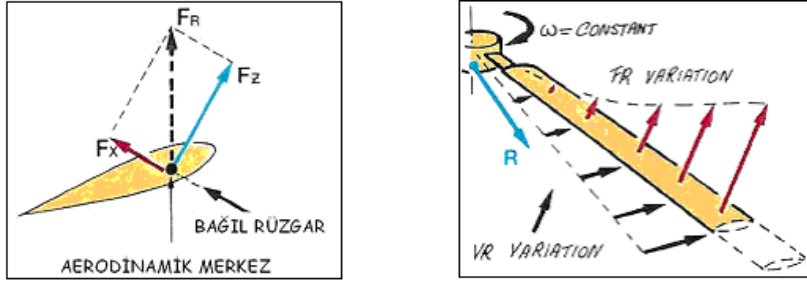
Rotor sabit hızla dönmektedir. Örneğin; rotor, r.p.m. ile sabitleşmiştir. Rotor dengededir.

- C_m motorun torku rotoru çevirir. Mukavemet torku C_r 'ye eşit ve zıttır.

1.1.5. Pala Hücum Açısında Bağlı Hava Akışı

Hava içinde hareket eden bir profile etkiyen aerodinamik kuvvet, aslında profil üzerinde meydana gelen basınç kuvvetlerinin bir bileşkesidir. Bu basınç kuvvetlerinin profil üzerindeki dağılımı, hücum açısına göre değişim gösterir. Bunun sonucunda, aerodinamik kuvvetin şiddeti ve pala üzerindeki etki noktası da değişir. Taşıma ve sürüklemenin hücum açısına göre değişimi de bu şiddet değişiminden kaynaklanmaktadır. Aerodinamik kuvvetin profil üzerindeki etki noktasına basınç merkezi denir. Aerodinamik kuvvet veya bunu meydana getiren basınç kuvvetleri, profil üzerindeki bir referans nokta etrafında moment oluşumuna neden olur. Aerodinamik kuvvet hücum açısı ile değiştiğine göre bu momentte hücum açısına bağlı olarak değişir. Ancak profil üzerindeki aerodinamik merkez adı verilen bir nokta vardır ki bu nokta etrafında bir moment olmakla beraber bu moment tutunma kaybının olduğu hücum açılarına kadar bir değişim göstermez.

Pala dibinden ucuna kadar dönüş yarıçapı artar. Dönme hızı pala boyunca yarıçap ile artış gösterir. $V_R = \omega \cdot r$. Bağlı rüzgâr hızı sanki dönme hızına eşitmiş gibi kabul edilebilir.



Şekil 1.16: Bağıl rüzgârın aero dinamik merkeze etkisi, F_R ve bağıl rüzgâr hızı (VR) [7]

V_R nin karesiyle orantılı F_z ve F_x kuvvetleri de pala kökünden ucuna doğru artar. Ancak pala ucu civarında alt ve üst taraftaki basınçların dengelenmeye çalışması nedeniyle pala ucu kaybı meydana gelir ve bu bölgede taşıma azalır, sürüklenme artar.

F_R kuvvetinin pala üzerindeki durumu incelendiğinde bu kuvvetin bileşkelerinden F_z (taşıma) bağıl rüzgâra dik, F_x (sürüklenme) ise bağıl rüzgârla aynı doğrultudadır.

1.1.6. Titreşim ve Rezonans

İtme/çekme yapan bir pervanede aerodinamik kuvvetler, ağırlık kuvvetleri ve motor titreşime neden olabilir. Motordan gelen titreşimler, aerodinamik kuvvetlerin oluşturduğundan daha yıkıcıdır.

Ağırlık ve aerodinamik olarak balanssız olan ve dönen tüm parçalar, şaft veya malzeme titreşim üretilebilir. Dönen parçaların belli bir seviyede sarsıntı üretmesi normaldir ve bu engellenemez. Titreşimden bahsederken onun büyüklüğü (magnitude) ve frekansından bahsederiz.

Titreşimin frekansı bilindiği üzere birim zamanda veya bağımlı olduğu başka bir hareketin bir saykıl, konu olan titreşimin tamamladığı saykıl sayısıdır. Örneğin, helikopterlerde frekans ölçümüne temel, helikopterin ana rotorunun %1 devirde bir turu olarak alınır. Titreşimin her frekanstaki büyüklüğü ona sebep olan malzemenin ürettiği güce veya bağımlı olduğu diğer bir malzemenin gösterdiği tepkiye bağlıdır.

Titreşim, büyüklüğüne bağlı olarak zaman içinde gövde ve bağlantılarında problemlere aşırı metal yorgunluğuna, güç kaybına, pilot ve yolcularda rahatsızlığa neden olur. Bu nedenle hesaplanan makul, kabul edilebilir değerlere düşürülmesi gerekir. Dönme düzlemini oluşturan palalar değişik düzlemlerde hareket ettikleri zaman yani pala uç noktaları aynı noktadan geçmediği zaman 1/1 ve 2/1 titreşimler, istikrarsızlığın artması gibi istenmeyen durumlara sebebiyet verir. Değişik frekanstaki titreşimlerin kaynağı dönen ve hareket eden parçalar olup diğer parçaların titreşimi mevcut olan bu titreşimden doğar. Uçuşta ve yer alan çalıştırmasında hissedilen pervane titreşimleri, genel olarak aşağıdaki frekanslara ayrılmıştır:

- **Çok alçak frekans:** Bir devirde birden az titreşim (Paylon sarsıntısı)
- **Alçak frekans:** Bir devirde bir veya iki titreşim
- **Orta frekans:** Bir devirde dört, beş veya altı titreşim

- **Yüksek frekans:** Kuyruk rotor frekansı veya daha fazlası

Titreşimin birçoğu daima alçak titreşim olarak ortaya çıkar. Esas problem titreşimin ne zaman en fazlaya ulaştığına karar vermektir. Çok alçak ve çoğu orta frekanslı titreşimlere pervane ve dinamik kontroller sebep olur. Sabit parçalardaki değişik arızalar mevcut olan titreşimlerin absorbe edilmesine veya titreşimine tesir edebilir ve tüm yüzey boyunca artmasına sebep olur. Mevcut bazı titreşimler normal olarak kabul edilir. Bunlardan en önemlisi bir devirde iki defa olanıdır.

1.2. Pervane Yapısı

1.2.1. Kompozit ve Metal Pervanelerin Yapım Yöntemleri ve Kullanılan Malzemeler

Pervane palaları ahşap, çelik, alüminyum veya kompozit malzemeden üretilir.

- **Kompozit pervaneler**

Kompozit malzemeler, şekil veya kimyasal bileşimleri farklı, birbiri içerisinde pratik olarak çözünmeyen iki veya daha fazla sayıda makro bileşenin kombinasyonundan oluşan malzemeler şeklinde tanımlanabilir. Belirli bir uygulama için malzemeden beklenen değişik fiziksel, mekaniksel veya kimyasal özelliklere sahip bileşenler tarafından sağlanır.

Kompozit pervanelerin birkaç avantajı şöyledir: Hafif ve aşırı derecede kuvvetlidir. Ayrıca kompozitler titreşimleri ve geri fırlamaları yutar, korozyonlara ve zararlara karşı kovacak şekilde yapılır.

- **Metal pervaneler**

Alüminyum alaşımlar bugün geniş bir çoğunlukla pervane yapımında kullanılmaktadır. Alüminyum, ahşaptan daha çok tercih edilir. Alüminyum ile daha ince ve verimli pala üretmek mümkündür. Tipik bir alüminyum pervanede göbeğe kadar profil şekilleri oluşturulur ve bu sayede motorun soğutulması da sağlanır. Alüminyum pervanelerde daha çok istenilen şey, ağaç pervanelere göre daha az bakım ve düşük yapım maliyetidir.

- **Metal yapıştırma metodu**

Farklı imalat metotları ile üretilmiş metalleri birbirine yapıştırarak normal perçin cıvata gibi bağlayıcılarla yapımı zor parça gurupları yapılabilir. Tamamı metal pala ve uçuş kumanda yüzeyleri bu metotla yapılmaktadır. İki metal arasına gene metal olan bal peteği bir dolgu malzemesi yapıştırılarak yüzeyel yüklere dayanıklı sağlam bir parça gurubu elde edilmektedir.

- **Kompozit parça yapım metotları**

- **Elle serme (hand lay-up), ıslak metot (wet method)**

Açık bir kalıba elyaflar (güçlendirici) tabakalar hâlinde ve istenen açıda elle serilip üzerine reçine emdirilir (fırça ile). İstenilen kalınlığa ulaşıncaya kadar oda sıcaklığında sertleşmeye bırakılır. Bu metotta genellikle cam elyafı (fiberglass) ile polyester reçine kullanılır.

- **Prepreg ile elle serme vakum altında oda sıcaklığında "curing"**

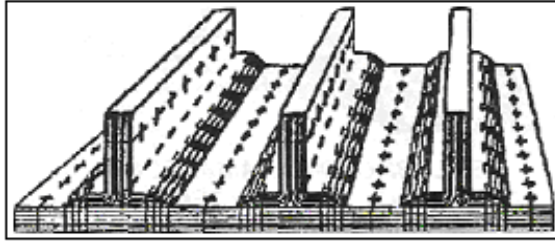
Prepreg içine üretici tarafından reçine emdirilmiş ve kısmen sertleştirilmiş kumaş gibi örgülü veya tek bir yönde dizilmiş elyaflardan oluşan kumaş görünümlü, rulo hâlinde saklanan kompozit ham malzemesidir. Prepregler sınırlı ömürlü olup buzdolabında veya derin dondurucularda saklanır. Toz olmayan ortamlarda aynı ıslak metotta olduğu gibi şekil verici kalıba istenilen açıda ve sayıda serilir. Üzeri özel bir şekilde vakum torbası ile kapatılıp vakumla içinde hava kalmayacak hâle getirilip oda sıcaklığında sertleştirilme kür işlemi yapılır.

- **Prepreg ile elle serme, fırında veya otoklavda basınç ve ısı ile kür**

Bu metodun yukarıdaki metottan farkı sertleştirme işleminin normal atmosfer basıncında bir fırında ya da "Otoklav" isimli kontrollü olarak hem ısı hem de basınç uygulayan özel fırında, vakum torbasıyla havası boşaltılmış kalıplardaki prepreg ile yapılır.

- **Kalıpta reçine transferli döküm (Resin transfer moulding - rtm)**

Bu metotta kapalı, içine önceden elyaf / güçlendirici döşenmiş kapalı kalıbın içine reçine basınçla verilirken kalıbın diğer tarafından da vakumla reçine emilerek kalıbın içine reçinenin hava kabarcığı kalmadan yayılması sağlanır. Daha sonra kalıp ısıtılarak malzeme basınç altında pişirilerek polimerleştirme işlemi yapılır.



Şekil 1.17: Htm metodu ile üretilmiş uçak yapısal parçaları

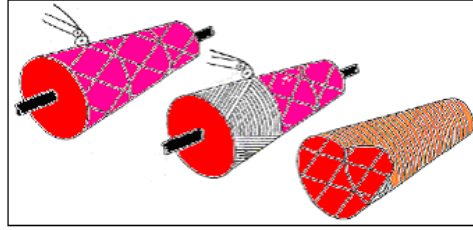
- **Elyaf sarma (Filament winding)**

Torna gibi dönen bir mandrele (kalıba) reçine ile ıslatılmış elyafın istenilen açıda ve katman sayısında sarılması, mandrelin veya tamamının fırında ısıtılarak kürlenmesi ile elde edilir. Genellikle silindirik, konik parçalar yapılır. Gelişmiş tekniklerle küresel parçalar da yapılmaya başlanmıştır. Bu metotla boru, roketatar namluları veya sıvı ve gaz depolama tankları yapılmaktadır.

- **Advanced fiber replacement (afr)**

Elyafın bilgisayar kontrollü bir cihaz tarafından kalıba, mandrele yerleştirilmesi metodudur. Bu metotla yekpare kanat, kuyruk parçaları yapılabilmektedir.

Towpreg polimer tozu karbon elyafına 3K (276°C) ile 12K (285°C) arasında kaplanır. Bu kaplanmış elyafların prepreg gibi buzdolabında saklanması, sınırlı saklama saklama süresi gibi problemleri yoktur. Ama towpreg RTM metodunda kullanılamaz.



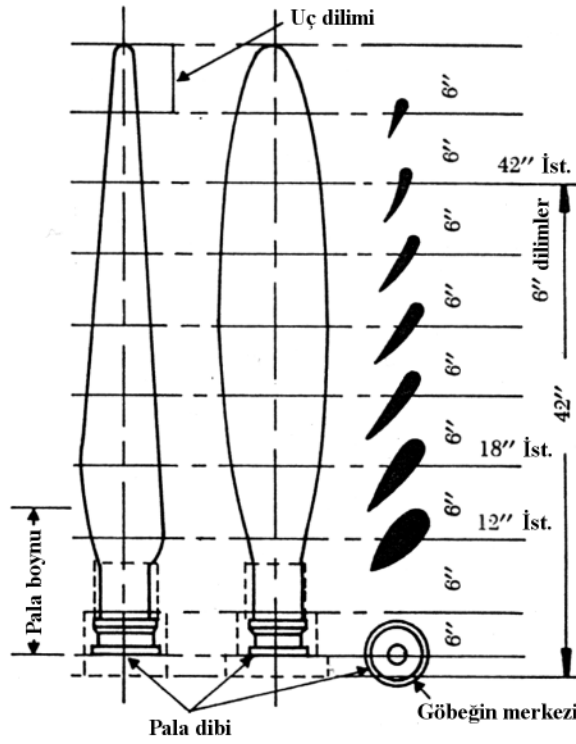
Şekil 1.18: Bir mandrele "towpreg" sararak kompozit uçak gövdesi yapımı

Glare, alüminyum ve cam elyafı esaslı malzemelerin birbirine yapıştırılması ile oluşmuş yeni bir malzemedir. Alüminyum metalinin üstünlükleri ile kompozit malzemelerin üstünlüklerini bir araya getirip çatlak ilerlemesine, metal yorgunluğuna dayanımlı ve hafif yenir malzeme ortaya çıkmıştır. Her iki yüzeyi ince alüminyum plakaların arasına konulmuş olan cam elyafı malzeme, şu anda geliştirilmesi ve üretimi devam etmekte olan “Airbus A380 Yolcu Uçağı” gövdesinde önemli oranda kullanılmaktadır.

1.2.2. Pala İstasyonları, Pala Boynu, Pala Yüzü, Pala Sırtı ve Göbek Tertibatı

➤ Pala istasyonları

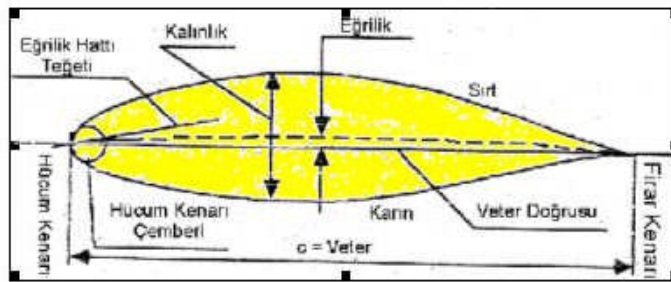
Palanın pervane dönme ekseninden inch cinsinden olan mesafelerine istasyon denir (12” istasyonu, 18” istasyonu gibi).



Şekil 1.19: Pala istasyonları ve pala boynu [4]

➤ **Pala boynu**

Pala boynu göbeğe yakın kısımda, mukavemet sağlamak amacıyla kalın ve yuvarlak olarak imal edilmiş kısımdır.



Şekil 1.20: Pala profili (kesit şekli)

- **Pala yüzü (karın):** Pala profillerinin karın taraflarının oluşturduğu alt yüzeydir.
- **Pala sırtı:** Pala profillerinin sırt taraflarının oluşturduğu üst yüzeydir.
- **Kord (veter):** Pala profilinin hücum ve firar kenarlarını birleştiren doğrudur.

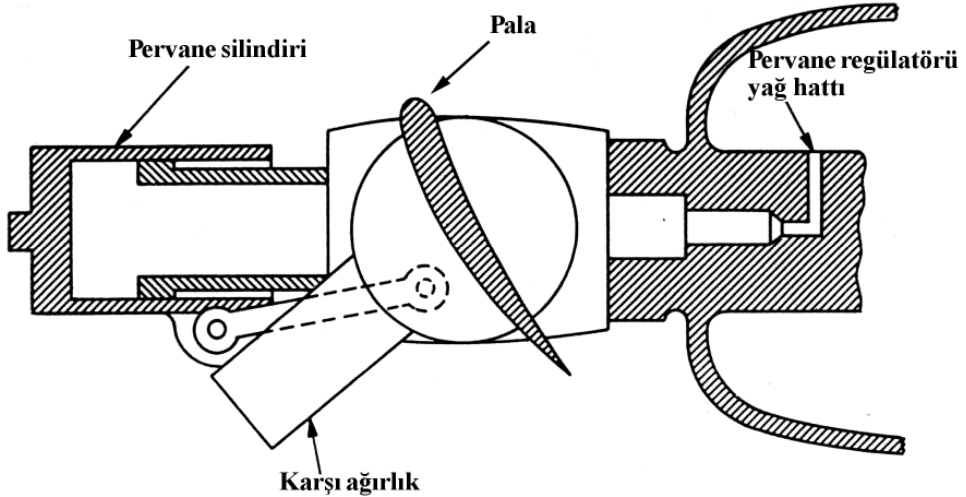
- **Hücum kenarı:** Pala profilinin hava akımını karşılayan dairesel biçimli kenarıdır.
- **Fırar kenarı:** Hava akımının profili terk ettiği sivri kenardır.
- Göbek tertibatı

Göbek motor mili veya dişli kutusu milinin dönmesini üzerine bağlı olan palalara ileten elemandır. Hatvesi değiştirilebilen pervanelerde, hatve değiştirme mekanizmasının bazı elemanları göbek üzerinde bulunur (Şekil 1.21 ve 1.23) .

Göbek palaların birleştirildiği ve palaların kontrol mekanizmalarının yerleştirildiği birimdir. Palalar uçuş sırasında pek çok aerodinamik yük etkisi altında kalırlar ve kopmalarını veya kırılmalarını önlemek için gerekli tüm mekanizmalar göbek üzerinde bulunur. Bu mekanizmalar palaların serbest hareket etmelerini sağlayarak güvenli bir uçuşu ve kontrollü hareketlerini de sağlayarak pilotun hâkimiyetini sağlar.



Resim 1.1: Göbek tertibatı [2]



Şekil 1.21: Hatvesi kontrol edilebilen bir pervanenin göbeği

1.2.3. Sabit Hatveli, Kontrollü Hatveli, Sabit Hızlı Pervane

Bir pervanenin hatve açısı pervane yarıçapının %70'indeki pala kesitinin pala açısıdır. Bilindiği gibi pala açısı pala yüzünün pervane dönme düzlemi ile yaptığı açıdır.

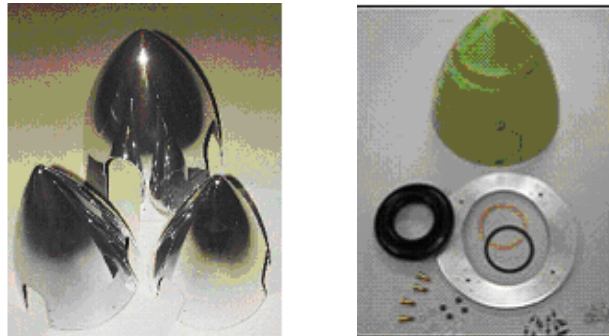
- **Sabit hatveli (fixed pitch) pervaneler:** Bu pervaneler tek parça hâlinindedir. Bu pervaneler genelde iki paladan oluşur. Malzemeleri çoğunlukla metaldir. Bu pervanelerde hatve açısı, dolayısıyla pala açıları değişmemektedir. Hatve açısı uçağın seyahat hızında en verimli olacak şekilde sabitlenmiştir. Bu pervanelerde hatve açısı, dolayısıyla pala açıları değişmemektedir. Hatve açısı uçağın seyahat hızında en verimli olacak şekilde sabitlenmiştir. Bu pervaneler direkt olarak motorun krank miline veya devir düşürücü bir dişli kutusuna bağlıdır. Pervane devri motor devrine bağlı olup gaz verilince artar, azaltılınca azalır.



Resim 1.2: Sabit hatveli pervane

- **Hatve açısı yerde ayarlanabilir pervaneler:** Hatve açısı motor çalıştırılmadan önce sadece aletlerle yerde değiştirilebilir. Bu tip pervanelerde genellikle bir “yarık göbek” bulunur. Pala açıları uçağa göre belirlenir.
- **Hatvesi kontrol edilebilen pervane:** Hatve açısı uçuş sırasında pilotun kumandalarıyla değiştirilebilen pervanedir.
- **Sabit hızlı pervane:** Değişen motor güçlerinde pervane dönüş hızı sabit kalacak şekilde pala açılarını otomatik olarak değiştirilebilen pervanelerdir.

1.2.4. Pervane / Spinner Yerleşimi



Resim 1.3: Spinner

Spinner ve donanımları farklı tasarım ve boyutlarda bulunabilmektedir. Spinner kubbeleri gelişen pervane teknolojileri ile birlikte cam elyafından üretilmeye başlanmıştır.

Spinner ve bulkhead'in emniyet kontrollerinde kayıp bağlayıcılara, hasar ve çatlaklara bakılır. Çatlaklar genelde bağlantı elemanlarında gözlenir.

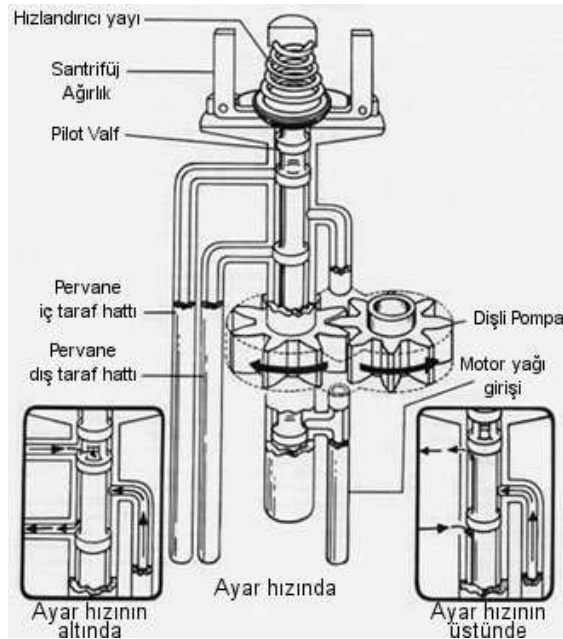
Spinner ve bulkhead donanımının detaylı incelemelerinde, çıkabilir pala spinner'lerinin bağlantı kısımları incelenmelidir. Spinner ve bulkheadlerinin incelenmesinde çatlaklar ve tamirde oluşan delikler ve kaynaklar göz önünde bulundurulmalı ve incelenmelidir. Spinnerin her 100 uçuş saatinde bir pala motor bağlantısının sökülüp bakımının yapılması gereklidir. Eğer hasar varsa üreticinin bakım dokümanları doğrultusunda incelenmelidir.

1.3. Pervane Hatve Kumandası

1.3.1. Hız Kontrolü ve Hatve Değiştirme Yöntemleri

Uçuş operasyonu için, motorun çalışması dönme hızına gerekli olan hızı sınırlı limitler çerçevesinde sağlar. Uçuş sırasında hıza duyarlı regülatör (governor) otomatik olarak kontrol sağlar, pala açılarını gerektiğinde ayarlar, pervane devir sayısını sabit olacak şekilde kontrol eder.

Güç, hava hızı ve hava yoğunluğu uçuş esnasında motorun devir sayısını değiştirmeye çalışır. Eğer devir sayısı sabit tutulacaksa pala açısı güçle doğru orantılı, hava hızıyla doğru orantılı ve hava yoğunluğuyla ters orantılı olarak değiştirilmelidir. Dönme hızına duyarlı regülatör gücü itme/çekme'ye çeviren pervanenin kendisini değişen güç ve uçuş koşullarına otomatik olarak ayarlamasını sağlar.



Şekil 1.22: Regülatör (Governor)

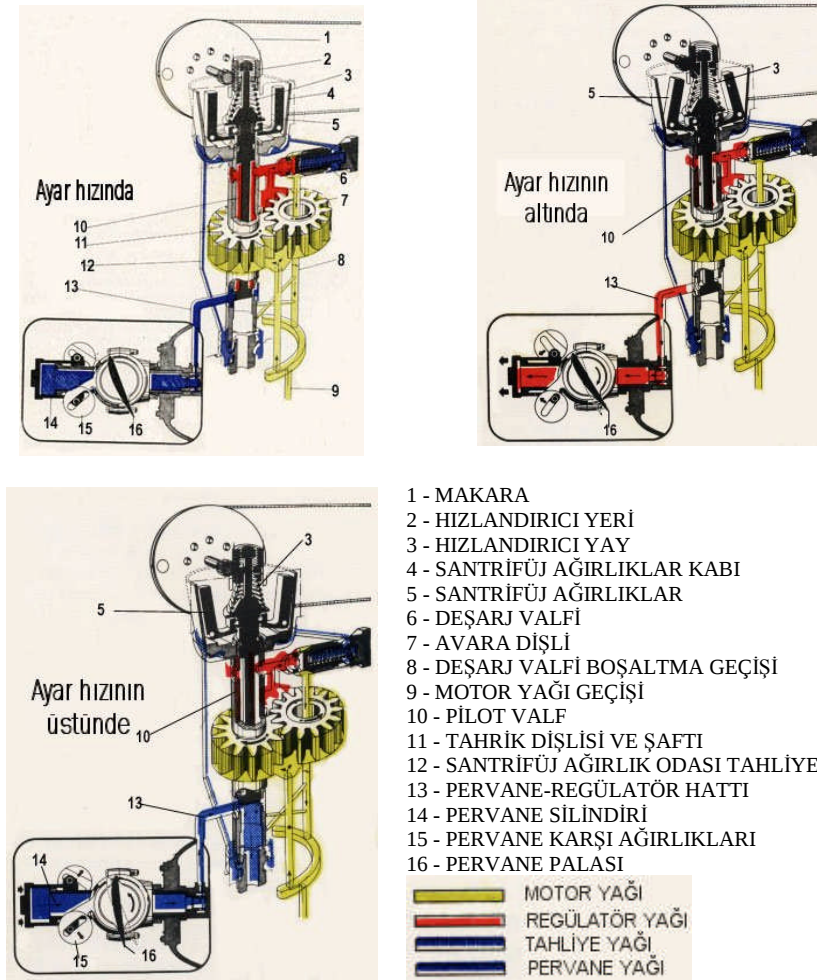
- Regülatörün çalışması (karşı ağırlıklı pervaneler ile sabit hız)

Regülatör, pervaneye giden ve pervaneden gelen yağın akışını kontrol eder. Motor tarafından tahrik edilen regülatör motorun yağlama sisteminden aldığı yağın basıncını hatve değiştirme mekanizması için gereken seviyeye çıkarır.

Dişli pompası motor yağ basıncını artırarak pervane operasyonu için istenen basıncı relief valf regülatör basıncını ayarlar, pilot valf ise regülatöre giden yağı kontrol eden valftir.

➤ Pervane ayar hızı

Pervane uçak pilotu tarafından ayarlanmış olan uygun hızda dönüşüne devam etmektedir. Bu durumda regülatördeki santrifüj ağırlıkların (5) kuvveti pilot valf (10) üstündeki hızlandırıcı yayın (3) kuvvetini dengeler ve pervaneye giden yağ hattını (13) tamamen kapatarak ne regülatörden pervaneye, ne de pervaneden regülatöre yağ akışına izin verir (Şekil 1.23). Pompadan gelen basınçlı yağ deşarj valfi (6) yardımıyla motor yağ tankına geri gönderilir. Yüksek hatveye doğru olan pervane karşı ağırlık (15) kuvveti silindirdeki (14) yağ basıncı kuvveti tarafından dengelendiği için pervane hatvesini değiştiremez.



Şekil 1.23: Regülatörde hız konumları

➤ Pervane ayar hızının altında

Pervane devir sayısı motor devir sayısının değişmesi veya pervanenin yüklenmesi nedeniyle pilotun ayarladığı hızın altına düşebilir. Santrifüj ağırlıkların (5) kuvveti hızlandırıcı yay (3) kuvvetinden küçük olacağına göre, pilot valf (10) aşağı doğru hareket eder. Pompadan gelen yağ, pervaneye giden hat (13) içinden pervaneye akarak pervane göbeğindeki silindiri (14) dışa doğru harekete zorlar ve palalar (16) düşük hatveye döner. Bu durumda pervanenin dönüşü için daha düşük güç gerekeceğinden motor devir sayısı yükselir. Devir sayısı yükseldikçe santrifüj ağırlıkların kuvveti büyür ve bir noktada hızlandırıcı yay kuvvetine eşitlenir. Bu sırada pilot valfte yukarıya çıkmış olur ve motor-pervane yağ bağlantısını keser. Artık pervane yeniden ayar hızına geri dönmüştür (Şekil 1.23).

➤ Pervane ayar hızının üstünde

Uçak irtifa değiştirdiğinde veya motor gücü artırıldığında pervane uçak pilotu tarafından ayarlanmış olan devir sayısının üstüne çıkar. Bu durumda santrifüj ağırlıkların (5) kuvveti hızlandırıcı yayın (3) kuvvetini yener ve pilot valf (10) yükselerek silindirdeki (14) yağın boşaltımı için pervane-regülatör yağ hattını (13) açar. Pervanedeki karşı ağırlıkların (15) kuvveti palaları yüksek hatveye döndürür. Pervane yüksek hatveye çıktığından döndürülmesi için daha büyük güç gerekir, bu da motor devir sayısını düşürür. Devir sayısı düştükçe santrifüj ağırlıkların kuvveti de düşer ve bir noktada hızlandırıcı yay kuvvetine eşitlenir. Pilot valf aşağıya iner ve pervane-regülatör yağ bağlantısını keser. Artık pervane yeniden ayar hızına geri dönmüştür (Şekil 1.23).

➤ İki pozisyonlu pervanelerde hatve kumandası

Bu pervanelerde pilot kendi hatve hareketini bir kumandadan diğer konuma geçirebilir.

➤ Sabit hızlı pervanede hatve kumandası

Daha öncede kısaca bahsedildiği gibi bu tür pervanelerde pervane hücum açısı değiştirilebilir ve ayarlanabilir olup pilot gaz kolu ile motorun gücünü artırsa bile bir regülatör tarafından kontrol edilebilen hidrolik ya da elektrik çalıştırılan hatve değiştirme mekanizması tarafından otomatik olarak pervane devrini sabit tutar. Bu sistemde pilot istediği devir sayısını seçebilir. Bu da pervane hatve ayarı açısı ile olur. Bu tip pervaneli uçaklarda gaz kolu dışında pervane kontrol (propeller control) veya hatve kontrol (pitch kontrol) isimli bir ayar kolu ile pilot pervane hatve açısını ayarlayarak maksimum verimi elde edebilir.

Motor gücü gaz kolu ya da pistonlu uçaklarda manifold basıncı kolu ile ayarlanabilir. Eğer motor gücü artarsa pala açıları, sabit hızlı pervaneleri sarsıntıdan korumak için yükseltilir. Diğer taraftan eğer motor gücü azalırsa motor devrini sabit tutmak için pala açıları azaltılır.

1.3.2. Bayraklama (Feathering) ve Ters Hatve

Çok motorlu pervaneli uçaklarda motorlardan birinin arızası durumunda, diğer motorlarla ya da mevcut hızı nedeniyle hareket hâlinde olan uçak için durmuş pervane büyük bir sürüklenme (drag) kaynağı ve hava akımını karıştırıcı bir engel hâline gelir. Bunu önlemek için değişken hatveli pervaneli uçaklarda pilotun elle kumandasıyla ya da bazı uçaklarda motor durduğunda çalışan otomatik bir sistem ile pervaneler hava akımına dik, en az sürüklenme kuvveti yaratacak bir konuma gelirler, böylece pervanelerin uçağın uygun bir şekilde süzülmesine ya da diğer kalan motorlarla uçuşuna engel olması önlenir. Pervanelerin bu konumu bayraklama (feathering) olarak isimlendirilir. Bu özellik, yerde motorlar deneme için çalıştırılırken de kullanılır. Motorlar tam gaz çalışsa bile bayraklama ile hatve açısı ayarlanarak itme gücü sıfır olur, uçağı etkilemez.

Bazı uçaklarda bulunan ters hatve sistemiyle hatve açısı ters çevrilerek özellikle inişte ters çekme kuvveti meydana getirilerek frenlemeye yardımcı olunur. Bu da kısa iniş mesafesi sağlar. Ters hatve sistemi yerde manevra yaparken uçağın geri gitmesini bile sağlamaktadır.

1.3.3. Aşırı Hız Koruması

Yüksek hızdan dolayı pervaneler üzerindeki merkezkaç kuvvetinde ani bir artış meydana gelir. Genel olarak yüksek hız, pervanenin dışında görünür bir hasara sebep olmaz. Eğer yüksek hız limitlerinden fazla ise pervane sökülmesi ve tamire gönderilmelidir.

➤ Mekanik durdurucular

Gücün verimli kısmı ancak geniş bir hatve alanında oluşabilir. Çünkü çok düşük ve çok yüksek hatve açılarında pervane çok zor çekme/itme sağlayabilir. Pervaneler, çok yüksek ve düşük hatveler arasında limitlenecek şekilde tasarlanmıştır. Pervaneler fiziksel olarak limitlendirilmişlerdir. Bu limitler mekanik olarak sağlanır ve aşırı zararların olmasını engeller. Pervanenin devir sayısının aşırı artışı özellikle düşük hatvede meydana gelir. Bu nedenle, hatve açısının aşırı küçülmesini önlemek için durdurucu somunlar kullanılır.

1.4. Pervanenin Buzdan Korunması

1.4.1. Sıvı ve Elektrik Buz Çözen Tertipler

Buz koruma sistemi ağır hava koşullarında pervaneyi korumak amaçlı kullanılmaktadır. Buzlanma aerodinamik yapıyı bozar ve üzerinde oluşacak buzdan dolayı pervanenin ağırlığı artar.

Pervaneli uçaklardaki elektro termal buz giderme sisteminde pervane palalarının hücum kenarlarına yerleştirilen kauçuk kaplamaların içinde ısıtıcı kablolar bulunur. Bu kablolarla gelen elektrik akımı kauçuk kısmı ısıtır ve oluşan buz erimeye başlar. Merkezkaç kuvvetin ve rüzgârın etkisiyle de buz uzaklaştırılır. Bazı eski model pervanelerde buz oluşumunu engellemek için alkol esaslı buz eritici sıvı püskürtülürdü.

Palaların buz giderici sistemlerinin buzlanmaya müsait hava koşullarında güvenli çalıştığından emin olunmalıdır. Bu yüzden, sistemin buz giderici kaplamaları periyodik olarak kontrol edilir. Elektrik tertibatının durumu kontrol edilir, çatlaklar aranır ve giderilir. Ayrıca botlarda gevşek bölgelerin veya kırışıkların olup olmadığına bakılır. Palaların hatve aralığında hareket edebilir olduğundan emin olunur ve kablo uçlarındaki gerilmeler kontrol edilir. Buz giderici uçları ve toprak arasındaki pervane direnç değerleri kontrol edilir. Detaylı kontrollerde spinner çıkarılır. Elektrik bağlantı uçları ve donanımın sıkılığı ve aşınması kontrol edilir. Burgu kelepçelerinin güvenli olduğundan emin olunur. Halkaların ve fırçaların aşınmaları kontrol edilir. Buz giderici devreleri uçtaki diğer elektrik bağlantılarından izole edilir. Slinger-ring ve feed tub'ların durumları kontrol edilir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Bakım dokümanlarında kullanılan pervane terimlerini inceleyiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Pala elemanı teorisini inceleyiniz. ➤ Burulmuş pala yapısını ve bunun olumlu etkilerini inceleyiniz. ➤ Pervane hareketlerindeki açıları ve yarattıkları etkileri inceleyiniz. ➤ Aerodinamik, merkezkaç ve çekme kuvvetlerini inceleyiniz. ➤ Tork etkisini ve tork etkisini yok etmek için kullanılan yöntemleri inceleyiniz. ➤ Bağlı hava hızının aerodinamik etkilerini inceleyiniz. ➤ Titreşim kontrollerini ve pervanelere verebileceği zararları inceleyiniz. ➤ Pervane yapılarını ve yapım metotlarını inceleyiniz. ➤ Göbek tertibatını ve kontrollerin nasıl yapıldığını inceleyiniz. ➤ Hız değiştirme ve pitch değiştirme yöntemlerini inceleyiniz. ➤ Bayraklama ve ters hatve konumlarını inceleyiniz. ➤ Pervanenin buzdan korunması sistemlerini inceleyiniz ve sistem elemanlarının kontrollerini yapınız.	➤ Pervane üreticilerinin verdiği bilgileri inceleyiniz. ➤ Bakım el kitaplarını inceleyiniz. ➤ Bire bir pervane üzerinde yapacağınız bilgi incelemelerde güvenlik kurallarına uyunuz (Gerektiğinde koruyucu eldiven, gözlük ve kulaklık kullanınız.). ➤ Pervaneler konusunda bilgi veren internet sitelerine girerek bilgi araştırması yapınız. ➤ De icing için kullanılan sıvılar: Sıcak su, de-icing sıvısı (ISO TYPE 1, killfrost DF, THY P/K:C991116, clariant safewing MP1) sıvısı, su ve de-icing (TYPE 1) sıvısı, ISO TYPE 2 sıvısı, su ve de-icing ISO TYPE 2 sıvısının karışımı

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Pala elemanı teorisini incelediniz mi?		
2. Burulmuş pal yapısını ve bunun olumlu etkilerini incelediniz mi?		
3. Pervane hareketlerindeki açıları ve yarattıkları etkileri incelediniz mi?		
4. Aerodinamik, merkezkaç ve itme/çekme kuvvetlerini incelediniz mi?		
5. Tork etkisini ve tork etkisini yok etmek için kullanılan yöntemleri incelediniz mi?		
6. Bağlı hava hızının aerodinamik etkilerini incelediniz mi?		
7. Titreşim kontrollerini ve titreşimin pervanelere verebileceği zararları incelediniz mi?		
8. Pervane yapılarını ve yapım metotlarını incelediniz mi?		
9. Göbek tertibatını ve kontrollerinin nasıl yapıldığını incelediniz mi?		
10. Hız değiştirme ve hatve değiştirme yöntemlerini incelediniz mi?		
11. Bayraklama ve ters hatve konumlarını incelediniz mi?		
12. Pervanenin buzdan korunması sistemlerini inceleyip ve sistem elemanlarının kontrollerini yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Burulmuş (twisted) olmasının ve uca doğru incelerek gitmesinin sebebi pervane boyunca düzgün dağılmış bir oluşturmaktır. Boş bırakılan kısma aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?
A) İtme B) Pala ağırlığı C) Devir sayısı D) Açısal hız
2. Şekil veya kimyasal bileşimleri farklı, birbiri içerisinde pratik olarak çözünmeyen iki veya daha fazla sayıda makro bileşenin kombinasyonundan oluşan malzemeler aşağıdakilerden hangisidir?
A) Kompozit malzemeler
B) Alüminyum malzemeler
C) Demir malzemeler
D) Bakır malzemeler
3. Hangisi minimum güçle uçuş noktasıdır?
A) Maksimum Cz B) Cx^2 / Cz^3 C) Cx/Cz D) Cz^2 / Cx^3
4. Palaların birleştirildiği ve palaların kontrol mekanizmalarının yerleştirildiği birim aşağıdakilerden hangisidir?
A) Spinner
B) Göbek
C) Regülatör
D) Hızlandırıcı yay
5. Bazı uçaklar yere indiğinde de hatve (pitch) açısını fren olarak uçağı kısa mesafede durdurabilmektedir. Boş bırakılan kısma aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?
A) Yükselterek
B) Azaltarak
C) Ters çevirerek
D) Sabit tutarak

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ - 2

AMAÇ

Bakım dokümanlarında (AMM) belirtildiği şekilde pervanenin basit kontrollerini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Pervane kontrolleri hakkında araştırma yapınız.
- İnternetten ve pervane bakımı yapan işletmeleri ziyaret ederek araştırma yapınız.
- Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getiriniz ve hazırladığınız raporu sınıftaki arkadaşlarınızla sunu yaparak paylaşınız.

2. PERVANENİN BAKIMI

2.1. Bakım Yöntemleri

Pervaneler hava aracında en fazla strese maruz kalan komponenttir. Normal çalışma sırasında göbek donanımı ve palalar jiroskopik ve aerodinamik yükler, tork ve vibrasyon yükleri altında zorlanır. Bir pervane normalde bu yükleri karşılayacak şekilde tasarlanmıştır fakat pervane komponentleri korozyon, çarpma vb. nedenlerle ek bir gerilmeyle zorlanırsa bu pervanenin emniyetini tehdit eder. Sonuç gerilmelerin artması ve pervanenin arızalanması olur. Bu gerilme durumlarına ek olarak aşırı hız, yetkili olmayanlar tarafından yapılan değişimler, motor problemleri, yıldırım zararları vb. problemler de gerçekleşebilir.

Pervane bakımı ve kurulumu yapılırken kurulumun ve bakımın doğru olması için pervane üreticileri pervane kurulumu ve bakımı ile ilgili belirli bilgileri sağlamaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda kurulum ve bakım yapılmalıdır. Pervane bakımı üç ana bölümde toplanır.

2.1.1. Günlük Bakım

Pala bağlantıları kontrol edilir. Palaların uç kısmından ileri geri yoklama yapılır, oynama olmaması gerekir. Hücum ve firar kenarından tutularak elle döndürülmeye çalışılır. Müsaade edilen boşluk 1 dereceye kadardır. Pala uçları çatlaklar yönünden kontrol edilir. Pala kökü üzerinde uzunlamasına çatlaklar olup olmadığı, ayrıca bütün pala yüzeylerinde boya çatlağından farklı çatlaklar olup olmadığı kontrol edilir. Gevşek vidalar ve emniyet telleri kontrol edilir. Doğru conta ve o-ringlerin kullanıldığından emin olunmalıdır. Göbek parçaları, spinner ve spinner desteği çatlaklar yönünden kontrol edilir. Palalar elle tatlı bir

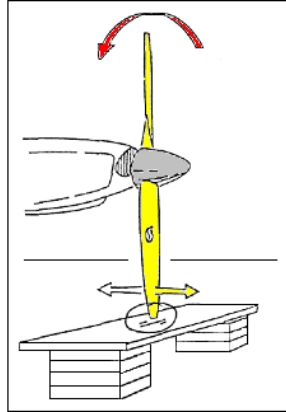
şekilde döndürülerek hatve (pitch) değiştirme mekanizması kontrol edilir. Şayet balans ağırlıkları takılmışsa doğru pozisyon yönünden kontrol edilir.

2.1.2. 100 Saatlik Periyodik Bakım

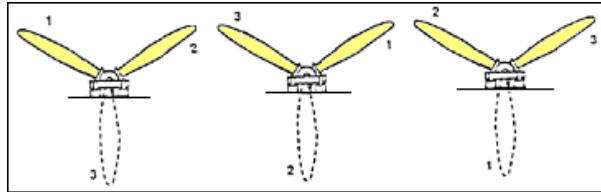
Büyük bakımlar (revizyon) arasında her 100 saatte bir periyodik bakım yapılır. Spinner sökölüp günlük bakımı tekrarlanır. Flanş bağlantı cıvatalarının torku kontrol edilir. Pervaneler doğru bir şekilde torklandığı zaman (pervane üreticilerinin belirttiği cıvata ve somun tork değerleri kullanılır) pala yollarının (track) toleransları üretici firmanın verdiği değerler doğrultusunda kontrol edilmelidir. Cıvataları gevşetmeden önce bu işlem yapılır. Balans gerekiyorsa dinamik balans yapılır. Gres ve yağ kaçağı için kontrol edilir. Pal somunlarının silikonu kontrol edilir. Eğer hasarlanmışsa yeniden silikonlanır.

➤ Pala yolu kontrolü (Blade Tracking) nedir?

Pala uçlarının dönüş sırasında izlediği yolun düzgünlüğünün kontrol edilmesidir. Her bir pala ucu aynı noktadan aynı yükseklikte (o sırada bir kumanda verilmediği takdirde) geçmelidir, yani bütün palalar aynı düzlemde dönmelidir.



Şekil 2.1. Pervane yolu kontrolü



Şekil 2.3: Üç pallı pervanenin her bir parçası saat altı yönünü gösterdiğinde dengede

Pervane izlenmeden önce uçak sabitleilir. Bu sabitlemede uçak tekerlekleri takozlanmalıdır. Pala yolu kontrolünün yapılması çok basittir. Bu kontrol, pervanenin ön kısmına, yere bir blok yerleştirilmesi ile yapılabilir. Bloğu yeteri kadar yükseltmek gerekmektedir. Daha sonra pala ucu ile blok arasındaki boşluk ayarlanmalıdır. Blok 1/4 inch'ten aşırı şekilde büyük olmamalıdır.

Diğer bir metot, bloğu pervanenin önüne küçük bir boşluk oluşacak şekilde yerleştirmektir. Bazı uçaklarda bu kontrolün yapılabilmesi için motorun basıncı alınmış ve sakın bir günde dış etkenlerin uçağı etkilememesi, en doğru blade izi kontrolün yapılması için gereklidir. Bloğun üstüne blade tip pozisyonun yanına bir çizgi çiziniz. Blade yi ileri geri döndürünüz ve limitleri işaretleyip kontrol ediniz. Eğer üretici firma daha büyük değerler vermediyse pervane sapmaları 1/16 inçten büyük olmamalıdır. Bunu çizdiğiniz çizgilerle kontrol ediniz. Anormal durumları kayıt altına alınız.

➤ Alüminyum palaların incelenmesi

Alüminyum palalarda, görsel inceleme yapılırken üretici şirketin verdiği dokümanlar göze önüne alınır. Eğer pala hasarı dokümanlarda tanımlandığından ötede ise pal kullanım dışı olarak ayrılmalı ya da tamir istasyonuna yollanmalı uçuşa koyulmamalıdır.

➤ Kompozit palaların (ahşap dâhil) incelenmesi

Kompozit palalarda, görsel inceleme yapılırken "coin tap" incelenmesinde her bir pale yapılması tavsiye edilmektedir. Bu işlemde metal erozyon korumalar, bunlar hücum kenarındadır, dâhil edilmelidir (AC 43-3' ün uçaktaki hasarsız genel incelemesinde veya üretici firmanın "coin tap" testleri için verdiği limitlerle yapılarak hasar incelenmesi yapılmalıdır.). Limitlerin belirttiğine göre tamir edilmeli veya kullanım dışı olarak belirlenmelidir. Eğer palin hasarı tamir için istenilen özelliklerin dışında ise kullanım dışı olmalı veya üretici şirkete yollanmalıdır.

2.1.3. Özel muayene

Pervane kalkış devir sayısının %10'u kadar aşırı süratle maruz kalmışsa gözle muayene edilir. %10-%20 arasında pervane revizyona tabi tutulur. %20'yi geçmiş ise pervanenin tamiri mümkün değildir, servisten alınmalıdır. Burada en önemli nokta, sürat aşımında devir sayısının kesin olarak bilinmesi ve kaydedilmesidir. Ayrıca pervanenin bir yere veya yıldırım çarpması durumunda da revizyona alınması gerekir.

2.1.4. Pervane temizliği

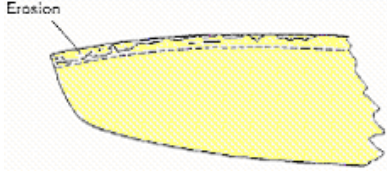
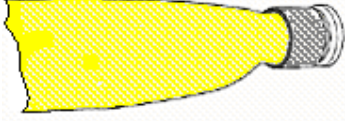
MEK (Metil-Etil-Keton) pervane pala boyalarını zayıflatır. Muayene için bütün parçaların temizlenmesi gerekir. Bütün metal parçalar PD-680 tip2 veya eşidi solventle temizlenir. Sealent compound RTV-109 MEK ile temizlenir. Metal olmayan yumuşak fırça kullanılır. Ağır ve sıkı yapışmış yapıştırıcı kalıntıları yumuşak plastik aletler kullanılarak çıkarılabilir. Dişler üzerindeki ve diğer temas yüzeylerindeki kalıntıları çıkarırken hasar vermemek için dikkatli olunur.

Plastik koruyucu (PV-882) pala somunundan çıkarılır, somun ve ferrule temizlendikten sonra tekrar takılır. Palalar, su veya çok yumuşak solventle silinir. MEK kullanılmaz. Parçalar basınçsız kuru hava ile kurulanır. Parçaları temizledikten sonra toz ve kire karşı depolama süresince veya revizyon süresince korunur. Temizlenen parçalar sıcaklığı değişmeyen, alçak nem oranı olan yerlerde depolanır, şayet uzun süreli depolama gerekiyorsa korunamayan parçalar sürekli uygulanan metotlarla korunmalıdır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Pervanenin bakım kontrollerini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Gerekli emniyet kurallarına uyunuz.	➤ İş elbisenizi giyiniz, koruyucu eldiven, gözlük ve gerekiyorsa kulaklık takınız. ➤ Çalışma alanının temiz ve düzenli olmasına dikkat ediniz. ➤ Uçak bakım el kitabını (AMM) hazırlayınız. ➤ Gerekli bakım ve avadanlıkları hazırlayınız. ➤ Çalışma alanında yangın tehlikesi oluşturacak herhangi bir cihazın çalışmadığından emin olunuz. ➤ Ölçü aletlerinin uygunluğunu kontrol ediniz. ➤ Pervane bakımı ve kurulumu yapılırken kurulumun ve bakımın doğru olması için pervane üreticileri pervane kurulumu ve bakımı ile ilgili belirli bilgileri sağlamaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda kurulum ve bakımları yapınız. ➤ FAA'nın resmî sitesinden pervane bakım ve incelemesinde kabul edilen metotlar, teknikler, uygulamalar gibi bilgiler bulunur. Bu bilgileri ücretsiz olarak download edebilirsiniz. ➤ (www.faa.gov/regulations_policies)
Günlük bakım yapmak ➤ Pala bağlantılarını kontrol ediniz.	➤ Muayene için bütün parçaların temizlenmesi gerekir. Bütün metal parçalar PD-680 tip2 veya eşiti solventle temizleyiniz. ➤ Parçaları basınçsız kuru hava ile kurulayınız.
	
➤ Palaların uç kısmından ileri geri yoklayınız.	➤ Oynama olmadığından emin olunuz.
➤ Elle hücum ve firar kenarından tutarak dairesel döndürmeye çalışınız.	➤ Müsaade edilen boşluk 1 dereceye kadardır unutmayınız.

➤ Pala uçlarını çatlaklar yönünden kontrol ediniz.	
➤ Pala kökü üzerinde uzunlamasına çatlaklar olup olmadığını kontrol ediniz.	
➤ Bütün pala yüzeylerinde boya çatlağından farklı çatlaklar olup olmadığını kontrol ediniz.	
➤ Gevşek vida ve emniyet tellerini kontrol ediniz.	➤ Kullanılmaz hâldeyse kesinlikle değiştiriniz.
➤ Doğru seal ve o-ringlerin kullanıldığından emin olunuz	➤ Seal ve o ringlerin yenilenmesi gerekiyorsa pervane üreticisinin belirttiği o-ring ve sealleri kullanınız.
➤ Göbek parçaları, spinner ve spinner desteğini çatlaklar yönünden kontrol ediniz.	➤ Pervane üreticisinin belirttiği limitlerin dışında ise söküp değiştiriniz. 
➤ Palaları elle tatlı bir şekilde döndürerek hatve (pitch) değiştirme mekanizmasını kontrol ediniz.	
➤ Balans ağırlıkları takılmışsa doğru pozisyon yönünden kontrol ediniz.	➤ Balans kontrollerini pervane üreticisinin belirttiği şekilde yapınız.
➤ 100 saatlik periyodik bakım ➤ Spinner sökünüz ve günlük bakımı tekrarlayınız.	➤ Detaylı incelemede, çıkabilir pala spinnerlerinin bağlantılı kısımları incelenmelidir. Spinner ve spinner bulkheadlerinin incelenmesindeki çatlaklar ve tamirlerinde oluşan delikler ve kaynaklar göz önünde bulundurulmalı ve

	incelenmelidir. Eğer hasar varsa üreticinin bakım dökümanları doğrultusunda incelenmelidir.
➤ Flanş bağlantı cıvatalarının torkunu kontrol ediniz.	➤ Pervane üreticilerinin belirttiği cıvata ve somunları tork değerleri kullanılır ve Cıvataları gevşetmeden önce bu işlemi mutlaka yapınız.
➤ Pervaneler doğru bir şekilde torklandığı zaman blade tracklarını kontrol ediniz.	➤ Toleranslarını üretici firmanın verdiği değerler doğrultusunda yapınız.
➤ Balans gerekiyorsa dinamik balans yapınız.	➤ Balans yaparken pervane üreticisinin belirttiği şekilde yapınız.
➤ Gres ve yağ kaçaklarını kontrol ediniz.	
➤ Pal somunlarının silikonunu kontrol ediniz.	
➤ Gerekirse yeniden silikonlayınız.	
➤ Pervane kalkış RPM'nin %10' u kadar aşırı sürata maruz kalmışsa gözle muayene ediniz.	➤ %10-%20 arasında pervane revizyona tabi tutulur. %20'yi geçmiş ise pervanenin tamiri mümkün değildir, servisten alınmalıdır.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Güvenlik önlemlerini aldınız mı?		
2. İşlem basamaklarını tespit ettiniz mi?		
3. Çalışma ortamının temiz ve düzenli olmasını sağladınız mı?		
4. Ölçü aletlerinin uygunluğunu kontrol ettiniz mi?		
5. Aircraft Maintenance Manuel (AMM)'i ve pervane üreticinin bakımla ilgili bilgilerini hazırladınız mı?		
6. Gerekli takım ve avadanlıkları hazırladınız mı?		
7. Pervane bağlantılarını kontrol ettiniz mi?		
8. Palaların uç kısmından ileri geri yokladınız mı?		
9. Elle hücum ve firar kenarından tutarak dairesel döndürmeye çalıştınız mı?		
10. Pala uçlarını çatlaklar yönünden kontrol ettiniz mi?		
11. Pala kökü üzerinde uzunlamasına çatlaklar olup olmadığını kontrol ettiniz mi?		
12. Bütün pala yüzeylerinde boya çatlağından farklı çatlaklar olup olmadığını kontrol ettiniz mi?		
13. Doğru seal ve o-ringlerin kullanıldığını kontrol ettiniz mi?		
14. Göbek parçaları, spinner ve spinner desteğini çatlaklar yönünden kontrol ettiniz mi?		
15. Palaları elle tatlı bir şekilde döndürerek hatve (pitch) değiştirme mekanizmasını kontrol ettiniz mi?		
16. Balans ağırlıkları takılmışsa, doğru pozisyon yönünden kontrol ettiniz mi?		
17. Gres ve yağ kaçaklarını kontrol ettiniz mi?		
18. Pervane kalkış RPM'nin %10'u kadar aşırı sürata maruz kalmışsa gözle muayene ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. “Blade Tracking” nedir?
A) Blade uçlarının dönüş sırasında izlediği yolun düzgünlüğü için yapılan ayardır.
B) Çatlak kontrolleri için yapılan muayenedir.
C) Korozyon kontrolü için yapılan muayenedir.
D) Pala bağlantılarının kontrolüdür.
2. Pervane kalkış RPM’nin %20’si kadar aşırı sürata maruz kalmışsa hangi işlem yapılır?
A) Gözle muayene edilir.
B) Revizyona alınır.
C) Pervanenin tamiri mümkün değildir, servisten alınmalıdır.
D) Balans ayarı yapılır.
3. Pervane temizliği ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?
A) MEK (Metil-Etil-Keton) pervane pala boyalarını zayıflatır.
B) Bütün metal parçalar PD-680 Tip2 veya eşiti solventle temizlenir.
C) Metal fırçalar kullanılır.
D) Temizlenen parçalar sıcaklığı değişmeyen, alçak nem oranı olan yerlerde depolanır.
4. “Eğer üretici firma daha büyük değerler vermediyse pervane sapmaları inch’ten büyük olmamalıdır.” cümlesinde boş bırakılan yere aşağıdakilerden hangisi getirilmelidir?
A) 1/2 B) 1/4 C) 1/8 D) 1/16
5. Aşağıdakilerden hangisi yanlış bir açıklamadır?
A) Pervane izlenmeden önce uçak sabitlenir.
B) Pervane parçaları temizlendikten sonra basınçlı kuru hava ile kurulanır.
C) Alüminyum palalarda, görsel inceleme yapılırken üretici şirketin verdiği dokümanlar göze alınır.
D) Pervanenin bir yere veya yıldırım çarpması durumunda da revizyona alınması gerekir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Burulmuş (twisted) olmasının ve uca doğru incelererek gitmesinin sebebi pervane boyunca düzgün dağılmış bir oluşturmaktır. Boş bırakılan kısma aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?
A) İtme B) Pala ağırlığı C) Devir sayısı D) Açısal hız
2. Şekil veya kimyasal bileşimleri farklı, birbiri içerisinde pratik olarak çözünmeyen iki veya daha fazla sayıda makro bileşenin kombinasyonundan oluşan malzemeler aşağıdakilerden hangisidir?
A) Kompozit malzemeler
B) Alüminyum malzemeler
C) Demir malzemeler
D) Bakır malzemeler
3. Hangisi minimum güçle uçuş noktasıdır?
A) Maksimum Cz B) Cx^2 / Cz^3 C) Cx/Cz D) Cz^2 / Cx^3
4. “Blade Tracking” nedir?
A) Blade uçlarının dönüş sırasında izlediği yolun düzgünlüğü için yapılan ayardır.
B) Çatlak kontrolleri için yapılan muayenedir.
C) Korozyon kontrolü için yapılan muayenedir.
D) Pala bağlantılarının kontrolüdür.
5. Pervane kalkış RPM'nin %20'si kadar aşırı sürata maruz kalmışsa hangi işlem yapılır?
A) Gözle muayene edilir.
B) Revizyona alınır.
C) Pervanenin tamiri mümkün değildir, servisten alınmalıdır.
D) Balans ayarı yapılır.
6. Pervane temizliği ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?
A) MEK (Metil-Etil-Keton) pervane pala boyalarını zayıflatır.
B) Bütün metal parçalar PD-680 Tip2 veya eşiti solventle temizlenir.
C) Metal fırçalar kullanılır.
D) Temizlenen parçalar sıcaklığı değişmeyen, alçak nem oranı olan yerlerde depolanır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ 1'İN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	A
3	D
4	B
5	C

ÖĞRENME FAALİYETİ 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	C
3	C
4	D
5	B

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	A
3	D
4	A
5	C
6	C

KAYNAKÇA

- AULD, D. J, K. SRINIVAS, **Aerodynamics for Students**, University of Sydney, Sydney, 2006.
- BENT Ralph D, James L. MCKINLEY, **Aircraft Powerplants 5th Ed., McGraw-Hill**, New York, 1985.
- ÇINAR Cavit, **Helikopter Aerodinamiği ve Rotor Etrafındaki Akımın Sayısal İncelenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul, 2003.
- FAA, **Airframe and Powerplant Mechanics Powerplant Handbook**, EA-AC65-12A, IAP, Casper, USA, 1989.
- FAA, **Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge**, FAA-H-8083-25, **Federal Aviation Administration**, Washington D.C., USA, 2003.
- RALETZ Roger, **Théorie Élémentaire de l'Helicoptere – Initiation par l'Image**, Cepadues-Editions, Toulouse, 1990.
- ŞAHİN Kaya, **Uçaklar ve Helikopterler**, İnkılap Kitapevi, İstanbul, 1999.
- UYSAL Ali, **Temel Helikopter Teorisi**, Erciyes Üniversitesi Yayınları, Kayseri, 2004.
- www.havacilik.gen.tr (10.09.2011/ 13.00)
- www.faa.gov (11.09.2011/ 11.00)