

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

UÇAK BAKIM

**PERVANE YAPISI
525MT0057**

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	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ - 1	3
1. PERVANENİN ÇALIŞMASI	3
1.1. Blade Element Teorisi	3
1.1.1. Güç İletme Şekline Göre Pervaneler	4
1.1.2. Hatve (Pitch) Özelliğine Göre Pervaneler	4
1.2. Yüksek/Alçak Blade Açısı, Ters Açısı, Hücüm Açısı, Dönme Hızı	5
1.2.1. Yüksek/Alçak Blade Açısı	5
1.2.2. Ters Açısı	6
1.2.3. Hücüm Açısı	6
1.2.4. Dönme Hızı	13
1.3. Pervane Kavraması	13
1.4. Aerodinamik, Santrifüj ve Thrust Kuvvetleri	13
1.5. Tork	15
1.6. Blade Hücüm Açısındaki Bağlı Hava Akışı	17
1.7. Titreşim ve Rezonans	18
UYGULAMA FAALİYETİ	21
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	23
ÖĞRENME FAALİYETİ - 2	24
2. PERVANE YAPISI	24
2.1. Kompozit ve Metal Pervanelerin Yapım Yöntemleri ve Kullanılan Malzemeler	25
2.2. Blade İstasyonları, Blade Yüzü, Blade Boynu, Blade Sırtı ve Hub Tertibatı	27
2.2.1. Blade İstasyonları	27
2.2.2. Blade Yüzü, Boynu ve Sırtı	27
2.2.3. Hub Tertibatı	28
2.3. Sabit Pitch, Kontrollü Pitch, Sabit Hızlanan Pervane	29
2.3.1. Sabit Hatveli (fixed pitch) Pervaneler	30
2.3.2. Pitch Konumu Yerde Ayarlanabilir Pervaneler	30
2.3.3. Kontrol Edilebilen Pitch	30
2.3.4. Sabit Hızlanan Pervane	30
2.4. Pervane / Spinner Yerleşimi	30
UYGULAMA FAALİYETİ	33
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	35
ÖĞRENME FAALİYETİ - 3	36
3. PERVANE PITCH KUMANDASI	36
3.1. Hız Kumanda ve Pitch Değiştirme Yöntemleri	36
3.2. Feathering ve Ters Pitch	40
3.3. Aşırı Hız Koruması	40
UYGULAMA FAALİYETİ	41
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	43
ÖĞRENME FAALİYETİ - 4	44
4. PERVANE SENKRONİZASYONU	44
4.1. Senkronizasyon ve Senkro-Fazlama Tertibatı	44
UYGULAMA FAALİYETİ	48

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	50
MODÜL DEĞERLENDİRME	51
CEVAP ANAHTARLARI.....	53
KAYNAKÇA	55

AÇIKLAMALAR

KOD	525MT0057
ALAN	Uçak Bakım
DAL/MESLEK	Uçak Gövde-Motor
MODÜLÜN ADI	Pervane Yapısı
MODÜLÜN TANIMI	Uçakların pervane pitch kumandasının ve pervane senkronizasyonunun bakımını yapabileceğiniz öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/24
ÖN KOŞUL	Bu modülün ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Pervane Yapısı modülü ile pervanelerin analiz ve ayarını yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında pervaneyle ilgili kavramları tekniğine uygun olarak kavrayıp bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde pervane bağlantılarını ve ayarını yapabileceksiniz. Amaçlar <ol style="list-style-type: none">1. Pervanenin çalışmasını tekniğine uygun ve hatasız olarak inceleyebileceksiniz.2. Pervane bağlantılarını bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde yapabileceksiniz.3. Hız kumanda ve pitch değiştirme yöntemlerini bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde yapabileceksiniz.4. Pervanenin senkronizasyon ayarını bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Atölye, işletme, internet ortamı, teknoloji sınıfı, kütüphane Donanım: Televizyon, VCD, DVD, tepegöz, projeksiyon cihazı, bilgisayar, eğitim maketleri
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Uçakçılığın gelişmeye başladığı yirminci yüzyılın başlarından beri uygulanmakta olan güç gruplarından pistonlu motor ve pervane bileşimi günümüzde de hızı 500 km/saat'ten az olan birçok uçak tipi için seçilmektedir. Pistonlu motorların verimi hava yoğunluğu ile azaldığından yükseklere çıkıldıkça güç azalacaktır. Ayrıca pervanenin verimi de hava yoğunluğu ile düşecektir.

Türbin motorlu helikopterler çıkana kadar havacılıkta daha hızlı daha verimli gitmenin helikopter dizaynı kadar pervanelerdeki gelişmelere bağlı olduğu düşünülerek bu konuda birçok çalışma yapılmış ve pervane üreten birçok firma kurulmuştur.

Başlangıçta herhangi bir standardı olmayan pervanelerin kullanımında zamanla bazı sorunlar çıkmıştır. Pervanelere standart getirme işlemi ilk kez NASA tarafından getirilmeye başlanmıştır. Bunlar 4,6,10,12,16 rakamlı olmak üzere belirli bir standart getirilmiştir Bugün NACA profilleri dışında kullanılan profillerin esin kaynağı yine NACA profilleridir.

Turboprop motorlarda pervane türbin motorunun pistonlu motora kıyasla daha güvenilir olması az titreşim yapması, aynı güç için daha küçük sürükleme kuvvetine neden olması (daha küçük kesit alan) ve yakıtın daha ucuz elde edilmesi gibi üstünlükleri vardır.

Turboprop güç sistemlerinin de pervane verimi ile sınırlı olduklarını unutmamak gerekir.

Bu modülü başarı ile tamamladığınızda pervanenin çalışmasını, tekniğine uygun ve hatasız olarak inceleyebileceksiniz. Başarılı olabilmeniz için modülde istenilenleri dikkatli ve istekli bir şekilde yapmalısınız.

ÖĞRENME FAALİYETİ - 1

AMAÇ

Bu faaliyetin sonunda uygun ortam sağlandığında pervanenin çalışmasını tekniğine uygun ve hatasız olarak inceleyebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

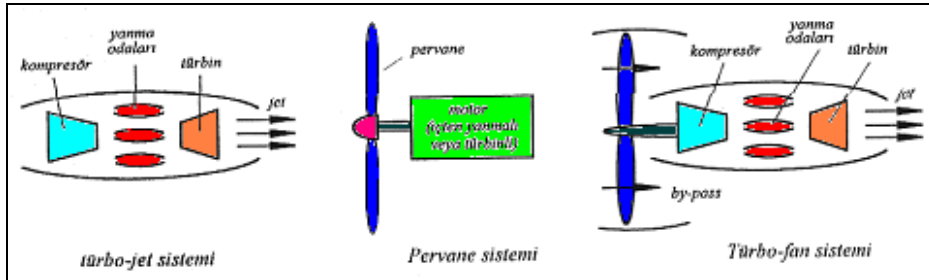
- Uçaklarda kullanılan pervane sistemi elemanlarını araştırınız.
- Araştırma konusunda sanal ortamda ve ilgili sektörde kaynak taraması yapınız.
- Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıftaki arkadaşlarınızla sunu yaparak paylaşınız.

1. PERVANENİN ÇALIŞMASI

1.1. Blade Element Teorisi

Bir uçağı ileri doğru çeken kuvvet akışkan kütesinin geriye doğru, momentumun artırılarak sevk edilmesi suretiyle elde edilir. Sözü edilen momentumun artımı genellikle:

- Bir turbojet motorunda havanın önce sıkıştırılıp sonra ısıtılarak genişletilmesiyle,
- Bir pervane ile havanın geriye doğru hızlandırılmasıyla,
- Modern, yüksek by-pas'lı turbojet motorlarında kısmen türbinde genişlemeyle ve kısmen de pervane ile hızlandırmak suretiyle elde edilir.

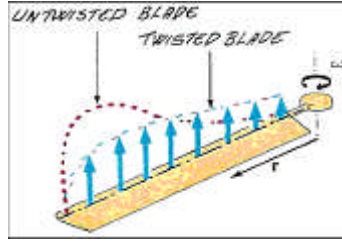


Şekil 1.1: Uçaklarda güç sistemleri

Pervane, içten yanmalı bir motorun veya türbinli bir motorun (turboprop) ürettiği mekanik enerjiyi, önündeki hava kitlesini uçağın hareket yönüne zıt yönde hızlandırmak suretiyle ileri doğru bir çekme kuvvetine dönüştürür.

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. Pervane aslında düz veya burkulmuş bir kanat kesitidir (airfoil). Burkulmuş (twisted) olmasının ve uca doğru incelerek gitmesinin sebebi pervane boyunca düzgün dağılmış bir itme gücü oluşturmaktır. Çünkü pervanenin üzerinden akan hava akımı uç kısmında en yüksek hızına ulaşır. Bu durumda sabit kesitli bir pervane yüksek devirle kullanıldığında uç kısımlarda büyük sorunlara yol açar.



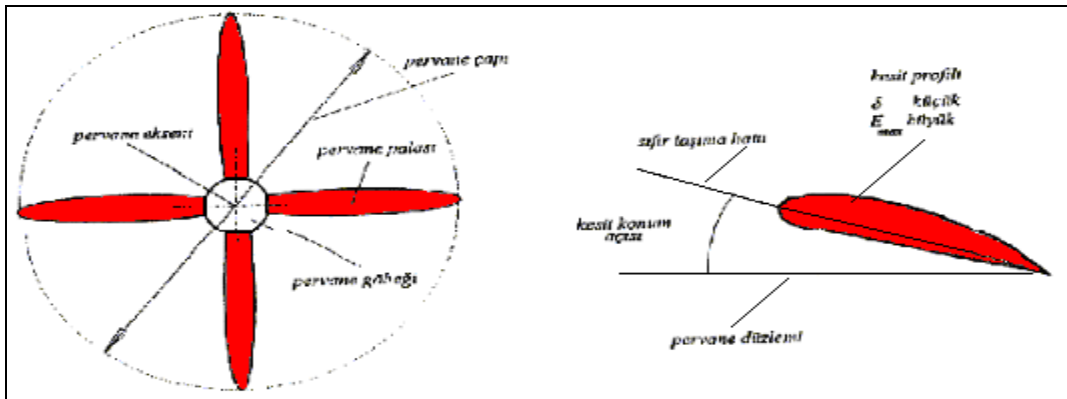
Şekil 1.2: Burkulmuş ve burkulmamış palde kaldırma kuvvetinin karşılaştırması

1.1.1. Güç İletme Şekline Göre Pervaneler

- **Çekici pervane:** Uçakta thrust elde etmek için kullanılır. Bu tip pervaneler motorun önündedir. Motor sayısı ve motorun uçtaki yerleşimine göre yerleri değişir.
- **İtici pervane:** Uçağa itme gücü aktarır. Bunlar motorun arkasındadır ve uçağın arka tarafına bakar. Bu tip pervane kullanılan uçaklarda motor gövde gerisinde ya da kanat firar kenarındadır.

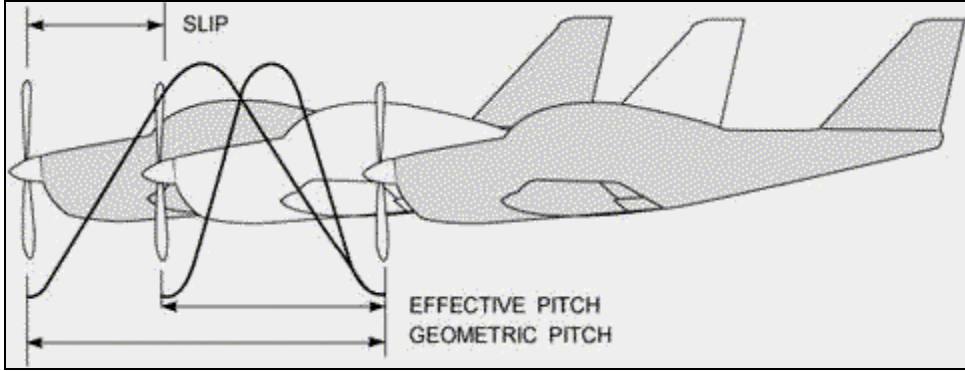
1.1.2. Hatve (Pitch) Özelliğine Göre Pervaneler

Bir pervane göbeği etrafında eşit açılal aralıklarla konumlandırılmış ve blade (pal) adı verilen kanatçıklardan meydana gelir. Pervane iki veya daha fazla bladenin bir Hub'a monte edilmesinden oluşur. Hub'da bladeleri motor şaftına bağlar.



Şekil 1.3: Pervane geometrisi ve kesit profili

Pervane palinin açıklığına dik bir düzlemle kesilmesi suretiyle elde edilen kesit profilin veterinin pervanenin içinde döndüğü düzlemle yaptığı açığı **kesit konum** açısı denir. Herhangi bir kesitindeki konum açısı sabit olan pervaneye sabit hatveli pervane, konum açısı değişen pervaneye ise değişken hatveli pervane adı verilir.



Şekil 1.4: Geometrik ve efektif pitch

➤ **Geometrik pitch**

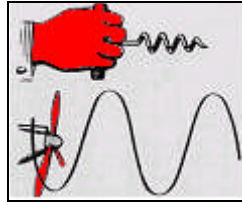
Pervanenin, geri sürüklenme kuvveti dikkate alınmadığında bir tam dönüşünde alabileceği en fazla yoldur.

➤ **Efektif pitch**

Pervanenin geri sürüklenme kuvveti dikkate alındığında bir dönü hareketinde aldığı hakiki hatvedir.

➤ **Pervane yolu**

Pervanenin hareketiyle ortaya çıkan daire ve ileriye bükümlü olan vida adımına benzeyen yoldur.



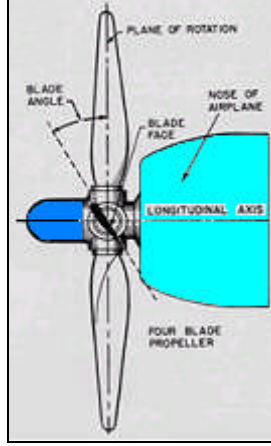
Şekil 1.5: Pervane yolu

1.2. Yüksek/Alçak Blade Açısı, Ters Açı, Hücüm Açısı, Dönme Hızı

1.2.1. Yüksek/Alçak Blade Açısı

Blade elemanları airfoil biçimde yan yana birleşerek blade airfoilini oluşturur. Blade açısı blade yüzeyi ve dönüş düzlemi arasındaki açıdır. Blade açısı blade başından sonuna kadar aynı değildir. Bu elemanlar farklı hücüm açılarında dönüş düzlemine yerleştirilmişlerdir. Blade elemanları farklı açılarda yerleştirilir çünkü bladeler yol alırken çeşitli kısımlardaki hız değişiktir.

Blade'in iç bölümü dışına göre daha yavaş hareket eder. Eğer bütün elemanlar bir blade boyunca aynı açıysa ise bağıl rüzgâr (relative wind) bu elemanlara aynı hücum açısıyla çarpmayacaktır. Çünkü farklı hızlardaki blade elemanları dönüş merkezinden uzakta olmalıdır. Blade parçalarının her biri yüksek hızda döndüğü zaman bladelere en iyi hücum açısında en iyi thrust oluşturabilmeleri için dizayn edilir.



Şekil 1.6: Pal açısı

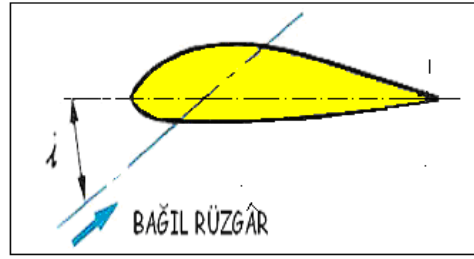
1.2.2. Ters Açı

Helikopterler havada askıda durma pozisyonunda iken (hover) pallerin açısı dönme sırasında her tarafa aynıdır. Oysa helikopter öne doğru hareket etmeye başladığında pallerin dönmesinden oluşan üzerinden akan hava akımının hızına ek olarak öne doğru giden pale bir de helikopterinin düşük hızı eklenir, geriye doğru giden paldeki hava akımı ise helikopterinin öne doğru hareketi kadar eksiktir.

Bu da aşağıdaki resimde görüldüğü gibi yüksek hızlarda geriye doğru giden palin merkeze yakın bölgesinde “Ters Akış” denen olaya yol açar. Bu olay hem helikopterinin kaldırma kuvvetinde güç kaybına yol açtığı gibi sağ ve sol taraf arasındaki kaldırma kuvvetinin dengesizliğinden o yana doğru yatma eğilimine yol açar. Bunu önlemek için aşağıda anlatılacak olan “Cyclic Feathering” uygulanmakta ve gene aşağıda anlatılacak olan “Flaplama” hareketi verilmektedir. Bütün bunlara rağmen “ters akış” nedeniyle helikopterler sabit kanatlı uçakların hızına ulaşamamaktadır. Bu olay düz uçuş hızına önemli bir engeldir. Bir ters pervanede değiştirilebilir hatve zorunludur. Dönen pervane kanatları ters bir pervane kanat açısına izin verir. Pervanelerin itiş, kuyruğa doğru yerine ileri doğrudur.

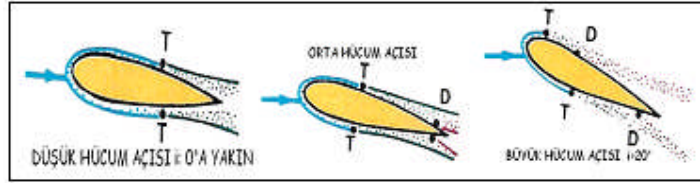
1.2.3. Hücum Açısı

Bir pervane kanadındaki kanat hücum açısının açı formunu kanat kiriş hattı ve bağıl rüzgâr belirler. Hücum açısı (angle of attack), kord hattıyla bağıl rüzgârın yönü arasındaki açıdır.



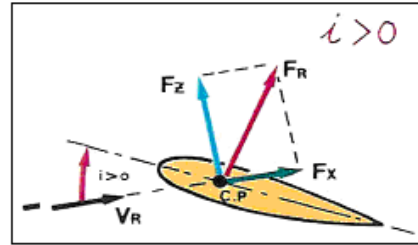
Şekil 1.7: Hücüm açısı (i)

Hücüm açısının hava akışı üzerindeki etkisi arttığı zaman değişme noktası T ve ayrılma noktası D hücüm kenarına doğru kayar. Bu noktaların yerlerinin değişimi bağıl yüksek açı değerine göre çok önemli değildir. Değişik kanat profillerine göre değişir, fakat genellikle 20° yi aşmaz.



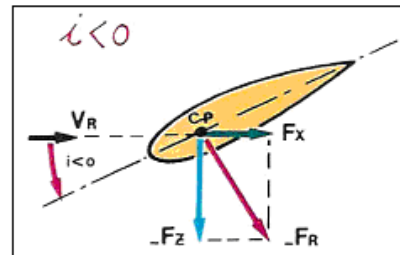
Şekil 1.8: Hücüm açısındaki değişim

Bu eşik noktasından sonra kritik akış bölgesi başlar. Bazı açıların ötesinde o, sınır tabakası ayrılır ve kaldırma keskin bir şekilde azalır.



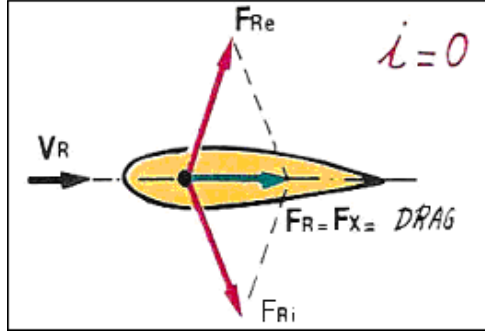
Şekil 1.9: Fr'nin yolu üzerinde hücüm açısının etkisi

Aerodinamik sonuç Fr basınç merkezinden uygulanmıştır ve bu arkaya doğru eğilimlidir ve yukarı doğru olduğu zaman hücüm açısı pozitifdir.



Şekil 1.10: Negatif hücüm açısı

Eğer hücum açısı negatifse olay tersine döner. Fr aşağı doğrudur ve kanat profili bir kuvvetle aşağı doğru çeker (Fz, negatif kaldırma olarak isimlendirilebilir.).

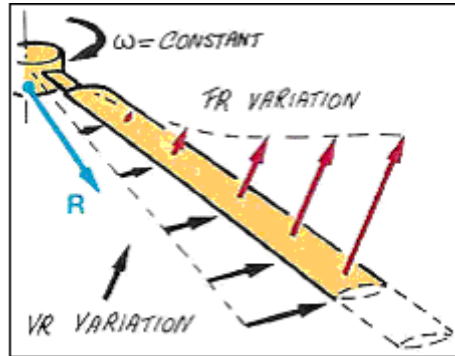


Şekil 1.11: Fr faktörünün etkisi

Hücum açısı eğer sıfır olursa akış alt ve üst yüzette simetriktir (simetrik kanat profilinde). Alt ve üst yüzette basınç kuvvetleri eşittir ve iki simetrik sonuç kabul edilir (F_{Re} ve F_{Ri}). Bu durumda genel sonuç (FR) akıma paraleldir. Bu sürüklemedir ve kaldırma yoktur. Helikopter rotorunun bıçak bölümü göz önüne alındığında ve ifadenin her şartı incelendiğinde:

$$FR = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S \cdot C_r$$

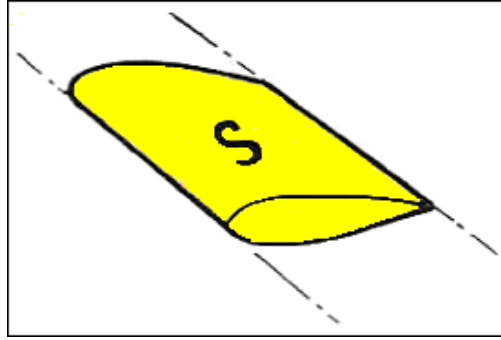
FR, P ile orantılıdır. P atmosferik basınca ve sıcaklığa bağlıdır. FR bu iki bilgiye bağlıdır. Özellikle FR düştüğü zaman irtifa artar (P = Havanın yoğunluğu) .



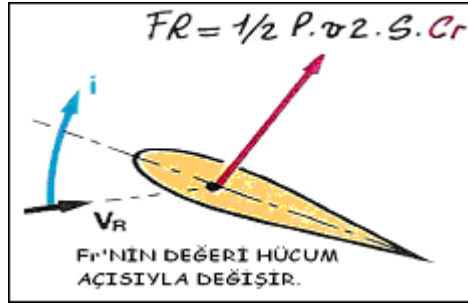
Şekil 1.12: Fr ve bağıl rüzgâr hızı (V_r)

Fr, bağıl rüzgâr hızının (v_r) karesi ile orantılıdır. Bir örnek vermek gerekirse rotor bıçağının sabit hızla dönerken bükülmeme durumu, Fr 'nin bıçak dibinden artmasıyla v_r'de artar ve dolayısıyla r yarıçapıda artar. Fr'nin bu değişimi rahatsız edicidir. Uygun olan çare bıçağı (paleyi) bükmeştir. Fr, bıçak bölümünün yüzey alanına oranıdır. S değeri profile sunulan bıçak için sabittir.

$$F_R = \frac{1}{2} \ell \cdot v^2 \cdot S \cdot C_r$$

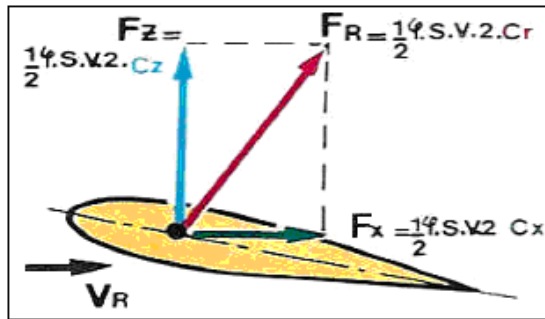


Şekil 1.13: Blade yüzeyi



Şekil 1.14: Fr değerinin hucum açısına göre değişimi

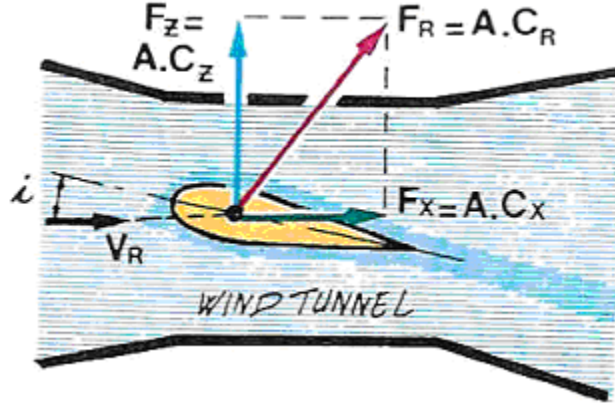
F_r , c faktörü cismin şekli, cisim yüzeyinin durumu, cismin bağıl rüzgâr ile ilişkisi (hücum açısı) ile orantılıdır. Sonuç olarak F_r 'yi kontrolün tek yolu hücum açısını değiştirmektir. Hücum açısının kaldırma (F_x) ve sürüklemeyi (F_z) nasıl değiştirdiği aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil 1.15: Hücum açısının kaldırma (F_x) ve sürüklemeyi (F_z) değiştirmesi c_z : kaldırma faktörü, c_x : sürüklenme faktörü

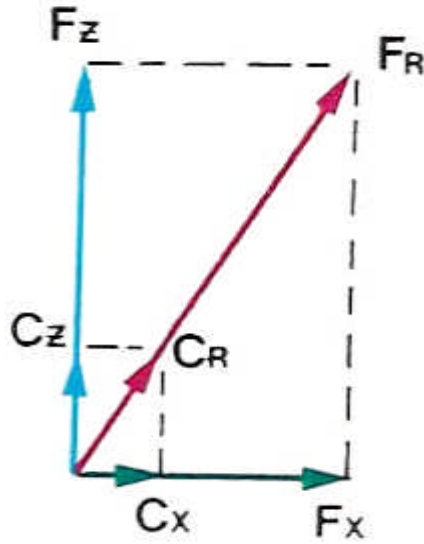
Sürüklenme ve kaldırma, rüzgâr direncinin temel formülüyle hesaplanabilir: a şekli ve rüzgâr tüneline pozisyon faktörleri tespit edilir. Rüzgâr tüneline, c_x ve c_z değerlerinin birimleri aerodinamik skala kullanılarak tespit edilir. Test sonuçları gibi bu terim sabit kalıntıyı verir.

$$i.l : \frac{1}{2} P.S.v^2 = A$$



Şekil 1.16: Rüzgâr tüneli

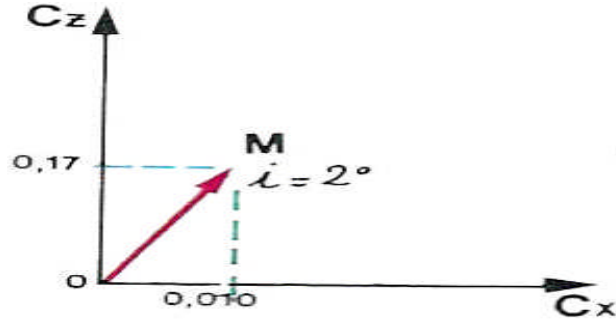
Kaldırma (F_z), sürüklenme (F_x) ve aerodinamik sonuç (F_R) parametreleri sadece C_z , C_x ve C_R faktörleri ile değişir. Hücüm açısında (i) sadece bu faktörler değişir.



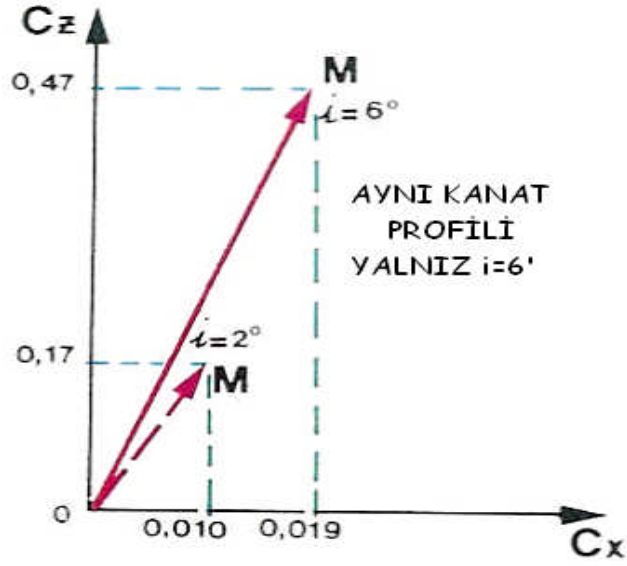
Şekil 1.17: C_x ve C_z bilgileri ile C_R ve F_R 'nin bulunması

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

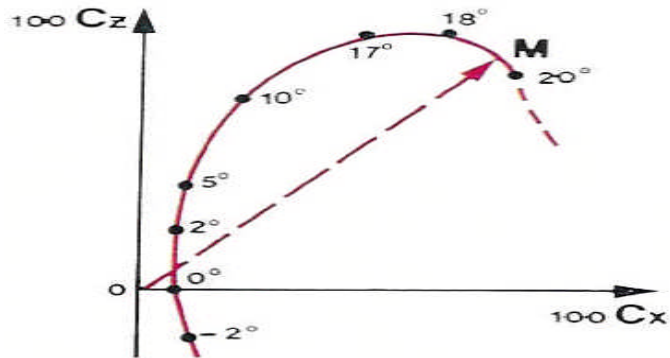
Örnek: $i = 2^\circ$ için simetrik kanat profilinin durumu C_R faktörünün büyüklük ve yönü OM vektörü ile gösterilmiştir.



Şekil 1.18: $i = 2^\circ$ için simetrik kanat profilinin durumu C_r faktörünün büyüklük ve yönünün gösterilmesi



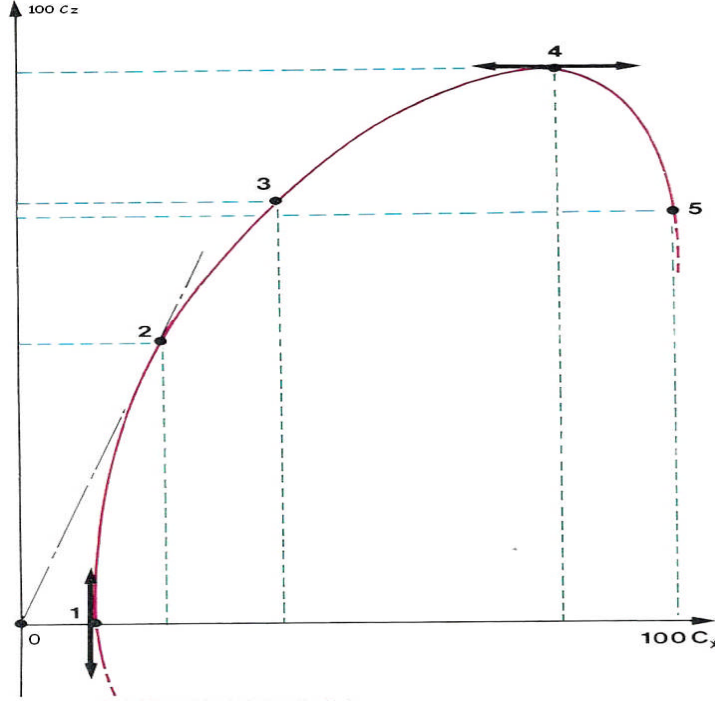
Şekil 1.19: $i = 6^\circ$ için simetrik kanat profilinin durumu. C_r faktörünün büyüklük ve yönünün gösterilmesi



Şekil 1.20: Kanat profilinin kutuplu eğrisi

Eğer bütün noktalar M bu yolla düzeltilmeye karar verilirse eğri kanat profili kutuplu eğrisi ismini içermelidir. Bu eğrinin kanat profilinde gösterimi hücum açısının kaldırma ve sürüklenme değişimlerini gösterir.

C_z ve C_x değerleri eğrinin okumasını kolayca yapabilmek için düşük, bunun için bu değerler 100 ile çarpıldı. Ayrıca C_x , C_z 'den daha küçük: C_x skalası 10 defa C_z 'den daha büyüktür.



Şekil 1.21: Kanat profilinin kutuplu eğrisinin üzerinde bulunan özel noktalar ve simetrik kanat profili polar eğrisinin genel şekli

Hücum açısı 1 ile 5 noktaları arası artmaktadır.

- **1 noktasında:** Hücum açısı 0'dır. Kaldırma olmaz ve sürüklenme minimum olur.
- **2 noktasında:** Bu noktada maksimum sürüklenmede maksimum kaldırma olur ve burada hücum açısı maksimum kaldırma, minimum sürüklenme yapar. Kaldırma-sürüklenme oranları: C_z / C_x
- **3 noktasında:** Bu noktada kanat en iyi kaldırma-sürüklenme oranına sahiptir. Helikopter bıçağı için bu optimum hücum açısıdır. Bu açıda C_x^2 / C_z^3 oranı minimumdur.
- **4 noktasında:** Kaldırma maksimumdur.1'den 4'e kadar kaldırma ve sürüklenme artmakta, dört noktasının ötesinde hücum açısında artma olmamakta, kaldırma azalmaktadır.
- **5 noktasında:** Bu durma açısıdır. Sınır tabaka ayrılır ve kaldırma birden yükselir.

1.2.4. Dönme Hızı

Bir uçağın kanatları, uçak hareket etmeye başladığında bir kaldırma kuvveti yaratır. Dairesel hız (bağıl rüzgâr hızı V_r) blade boyunca yarıçap ile artış gösterir. Dönme hızı (ω) bağıl rüzgâr hızının blade yarıçapına oranıdır ($\omega = V_r/r$) . Oysa bir helikopterin uçabilmesi için hava içinde yol olarak kaldırma kuvveti yaratması gerekmez.

Helikopterin uçmasını pervaneleri sağlar. Pervaneler havada dönerken pervanenin üstünde kalan bölümde alçak bir basınç, altında kalan bölümdeyse yüksek basınç oluşturur. Oluşan bu basınç farkı helikopteri yukarı doğru kaldırır.

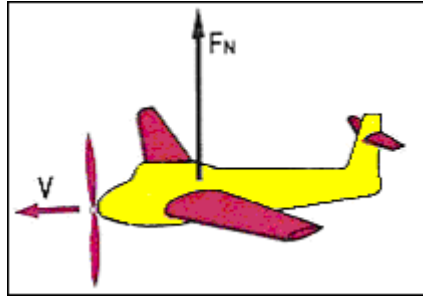
- **Yüksek dönme hızı:** Uçak irtifası değiştiğinde ve motor gücü arttığında veya artırılmak üzereyken yüksek dönme hızı durumu meydana gelir.
- **Düşük dönme hızı:** Motor hızı RPM'in altına doğru düşürüldüğünde düşük dönme hızı meydana gelir.

1.3. Pervane Kavraması

Pervaneyi motor şaftına bağlar. Motor arızasında, pervane bir kavramayla motordan ayrılır ve şayet kumandalar çalışıyorsa free-wheeling denilen, pervanenin serbest dönüşüyle süzülerek uygun bir yere güvenli bir iniş yapabilir.

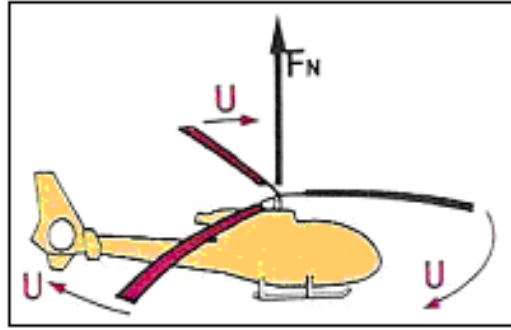
1.4. Aerodinamik, Santrifüj ve Thrust Kuvvetleri

Dikey etki F_n kuvveti, kanat yapısını hava içinde V hızıyla yukarı doğru yönlendirir. Bu aerodinamik kuvvet, uçağın ağırlığına eşittir ve havadan daha ağır cisimlerin uçmasını sağlar.



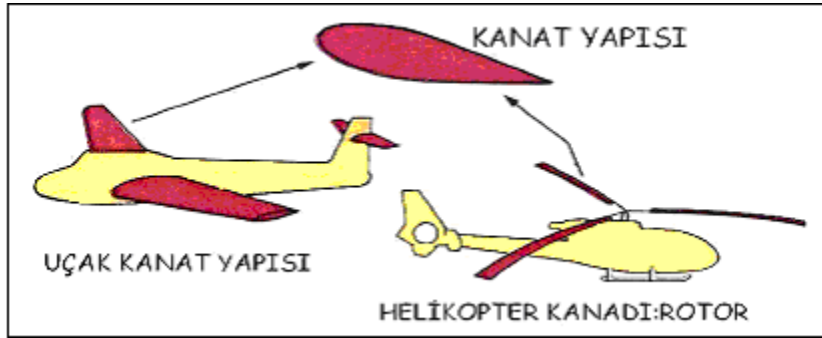
Şekil 1.22: Uçağa etki eden Thrust kuvveti

Helikopterde hızın artışı motorun “U” hızıyla çevirdiği rotorun dönmesiyle sağlanır. F_n kuvveti rotorun oluşturduğu kaldırma kuvvetidir ve helikopterde rotorun dönmesi normaldir.



Şekil 1.23: Helikoptere etki eden Thrust kuvveti

Thrust kuvvetleri hız, kanat yapısının üstünde gerekli aerodinamik kuvvetleri oluşturmak, ayakta tutmak için gerekli elemandır ve bu hız=etkidir (thrust). Uçaklar, geleneğe göre hızı pervane (veya jet motoru) ile artırarak “V” hızında itki oluşturur.



Şekil 1.24: Uçak ve helikopter kanat yapısı

➤ **Thrust (itme-çekme kuvveti)**

Thrust uçağın havada ilerlemesini sağlayan kuvvettir. Hız, kanat yapısının üstünde gerekli aerodinamik kuvvetleri oluşturmak, ayakta tutmak için gerekli elemandır ve bu hız=etkidir (thrust).

➤ **Drag (geri sürüklenme)**

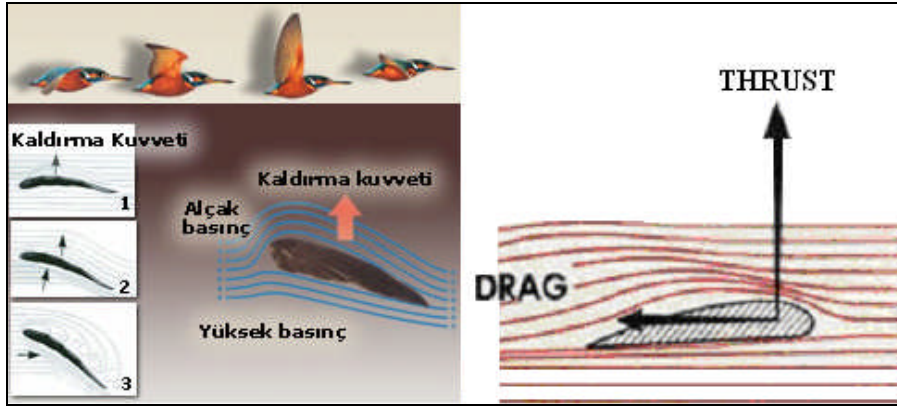
Uçağın hava akımına karşı gösterdiği dirençtir. İtme yönünün zıt yönünde oluşur.

➤ **Merkezkaç kuvveti**

Pervanenin dönmesiyle oluşan pervaneyi dıştan merkeze doğru fırlatmaya yönelik kuvvettir.

➤ **Lift kuvveti (taşıma kuvveti)**

Uçak ve helikopterlerin yerden havalanmasını ve yükselmesini sağlayan ve havada tutan kuvvettir.

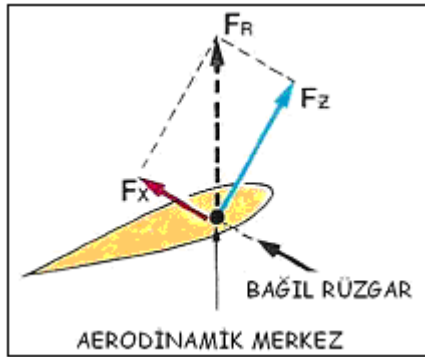


Şekil 1.25: Airfoil yapıya etki eden kaldırma ve sürüklenme kuvveti

1.5. Tork

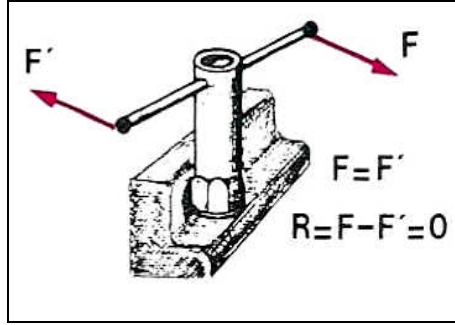
Tork, gerek tek motorlu pervaneli uçaklarda gerekse çok motorlu tüm motorları ve pervaneleri aynı yönde dönen uçaklarda karşılaşılan bir yan etkidir. Örneğin bir uçağın burnunda saat yönünde dönen bir pervane ve motora karşılık Newton'un etki-tepki prensibiyle uçağın gövdesinde saat yönünde dönmek isteyecektir. Bu nedenle pervaneleri saat yönünde dönen uçaklarda sol kanadın gövdeye takılma açısı sağ kanada göre daha yüksektir. Bu da sol kanat ta daha fazla taşıma kuvveti yaratarak uçağın pervane dönüş yönünün tersi olan sola doğru yatma eğilimini kaldırır.

FR kuvvetinin pale üzerindeki durumu incelendiğinde bu kuvvet iki kuvvetten FZ kuvvetini aşağıya doğru bozabilir. Bağlı rüzgâr (kaldırma)'la aynı yönlüdür. Fx kuvveti, bağlı rüzgâr (geri sürüklenme) paraleldir.



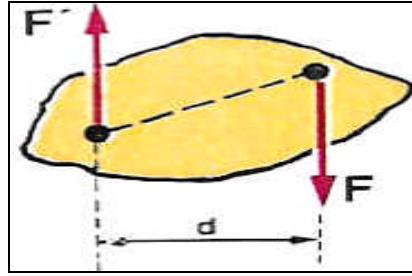
Şekil 1.26: .Bağlı Rüzgârın aero dinamik merkeze etkisi

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')



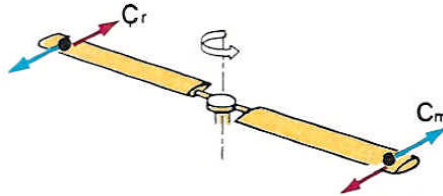
Şekil 1.27: Eşit ve zıt yönlü iki paralel kuvvet ($F - F'$)

Torkun karakteristik özelliklerinin yeterliği momenttir:
 $M = d \cdot F$ (d, torkun kaldıraç kolu)



Şekil 1.28: Tork kuvveti

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

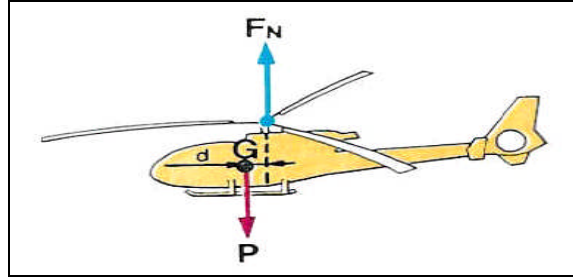


Şekil 1.29: Pallerin oluşturduğu tork kuvveti

Rotor sabit hızla dönmektedir. Örneğin rotor, RPM ile sabitleşmiştir. Rotor dengede dir.

- C_m motorun torku rotörü çevirir.
- Mukavemet torku C_r eşit ve zıttır.

Tek kuvvet bazı durumlarda cismin dönmesine sebep olur ve tork gibi aynı yoldadır.



Şekil 1.30: Pallerin kaldırma kuvveti

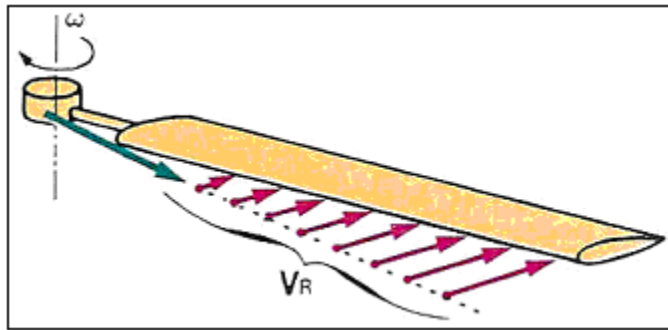
Rotorun oluşturduğu F_N kaldırma kuvveti ağırlık merkezi olan G noktası ile ilgilidir ve bir moment oluşturur. $d \times F_N$ aracı öne doğru meyillendirir.

Araç meyil kazanana kadar $d = 0$ 'dır. F_N ve P belli bir düzendedir ve moment 0 'dır.

1.6. Blade Hücum Açısındaki Bağlı Hava Akışı

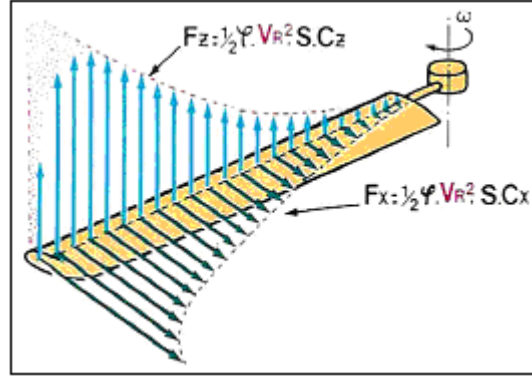
Bir pervane kanadındaki kanat hücum açısının açı formunu kanat kiriş hattı ve bağlı rüzgâr belirler. Bağlı rüzgâr yönü bir uçak aralığında hareket eden hava ve pervanedeki yönsel hareket ile hesaplanır. Örneğin sabit bir uçak üzerinde pervane dönmesindeki bağlı rüzgâr yönü pervane yönsel hareketinin tam karşısıdır. Bu yüzden pervane kanadındaki hücum açısı pervane kanat açısıyla aynıdır.

Bıçak dibinden ucuna kadar, dönüş yarıçapı artar. Dairesel hız (veya bağlı rüzgâr hızı- VR) bıçak boyunca yarıçap ile artış gösterir. $VR = \omega \cdot r$



Şekil 1.31: Blade hücum açısındaki bağlı hava akışı

VR 'nin değişimi temel F_z ve F_x kuvvetlerinin bıçak dibinden ucuna kadar artışı bağlı hızın (VR) karesi ile olur. Bıçak ucunun kaybıyla kaldırmada düşüş vardır, alt üst yüzey basınç dengesi arasında fark vardır. Uç kaybı bıçak ucunda kaldırmanın artmasına ve sürüklemenin azalmasına sebep olur.



Şekil 1.32: Fz Ve Fx kuvvetlerinin pale etkisi

1.7. Titreşim ve Rezonans

Dönen bir pervane üzerindeki titreşimde final kuvvetleri etkilidir. Ne zaman bir pervane itişe geçirilirse o an mekanik ve dinamik güçler kanat titreşimi meydana getirir. Örneğin, dönüşte hazır bulunan aerodinamik güçler ileri pervane kanat uçlarına karşı gelir ve titreşim üretir. Mekanik titreşimin nedeni ise bir pistonlu motordaki güç pulseleridir. Mekanik titreşim aerodinamik titreşimden daha yıkıcıdır. Oluşan güç pulselerinin nedeni, metal yorgunluğu ve başarısız yapılardır.

Palın neden olduğu en önemli sorunlardan biri de titreşimdir. Ağırlık ve aerodinamik olarak balanssız olan ve dönen tüm parçalar, şan veya malzeme tarafından üretilebilir. Dönen parçaların belli bir seviyede sarsıntı üretmesi normaldir ve bu engellenemez. Titreşimden bahsederken onun büyüklüğü (magnitüde) ve frekansından bahsederiz. Titreşimin frekansı bilindiği üzere birim zamanda veya bağımlı olduğu başka bir hareketin bir saykılta konu olan titreşimin tamamladığı saykıl sayısıdır. 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.

Titreşimin, büyüklüğüne bağlı olarak zaman içinde helikopter gövdesinde ve bağlantılarında problemlere aşırı metal yorgunluğuna, güç kaybına, pilot ve yolcularda rahatsızlığa neden olur. Bu nedenle hesaplanan makul, kabul edilebilir değerlere düşürülmesi gerekir. Rotor dönme düzlemini oluşturan paller değişik düzlemlerde hareket ettikleri zaman, yani pallerin uç noktaları aynı noktadan geçmedikleri zaman, helikopterde; 1/1 ve 2/1 titreşimler, ağırlık merkezinin kayması istikrarsızlığın artması gibi istenmeyen durumlar meydana gelir. Değişik frekanstaki titreşimlerin kaynağı dönen ve hareket eden parçalar olup diğer parçaların titreşimi mevcut olan bu titreşimden doğar. Uçuşta ye yer alan çalıştırmasında hissedilen rotor titreşimleri genel olarak aşağıdaki frekanslara ayrılmıştır:

- **Çok alçak frekans:** Bir devirde birden az titreşimdir (Paylon sarsıntısı).
- **Alçak frekans:** Bir devirde bir veya iki titreşimdir.
- **Orta frekans:** Bir devirde dört, beş veya altı titreşimdir.
- **Yüksek frekans:** Kuyruk rotor frekansı veya daha fazlasıdır.

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 rotor 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.

➤ **Alçak frekanslı titreşimin –yatay**

- Rotor ve rotor unsurlarının balansı bozuk olursa her dönüşte yatay bir titreşim meydana gelir. Helikoptere has sallanma hareketinden dolayı bu titreşim genellikle dikey olarak hissedilir ve pilot koltukları aşağı ve yukarı doğru hareket eder. Birinci pilot koltuğu yukarı giderken ikinci pilot koltuğu aşağı gider. Anormal şiddetteki yatay titreşim, dikey harekette olduğu gibi belirgin bir yanal hareket olarak hissedilir.
- Rotordaki balanssızlıktan dolayı olan yatay titreşimler, rotor en ve boy eksenine ne olmak üzere iki tiptir:
 - Uzunluk eksenine balanssızlığı en basit şekli ile bir pal ve hub'ın diğerine nazaran daha ağır olmasındandır. Örneğin rotor uzunluk eksenine balansı bozuktur.
 - Kord eksenine (enine) balans bozukluğu, bir palın firar kenarına doğru diğerine nazaran daha fazla ağırlık var demektir. Her iki tip balanssızlığa paller kadar, hub'da sebep olabilir.
- Yatay titreşimler genellikle havırda ve orta süratte süzülüşlü dönüşlerde hissedilir ve düz uçuşta kaybolma eğilimindedir. Bununla beraber çok kere yatay titreşim düz uçuşta kendini dikey titreşim gibi gösterir.
- Bir dönüşte iki titreşim iki palli rotor sistemlerinin karakteristik özelliğidir. Titreşim seviyesi düşüktür.

➤ **Orta frekanslı titreşimler**

- Bir dönüşte dört veya altı frekanslı orta frekanslı titreşimler, birçok rotorun karakteristiğinde mevcut diğer bir titreşimdir. Bu titreşimlerin şiddetinin artmasına gövdenin titreşimi absorbe etme kabiliyetinde değişme olması sebep olur.
- Gövdenin titreşime absorbe etme kabiliyetine yakıt seviyesi, haricî yükler, yapısal hasarlar, yapısal tamiratlar, dâhili yükler veya gros ağırlık gibi unsurlar sebep olabilir.
- Bu seviyede anormal sarsıntı daima bir parçanın gevşek olması nedeni ile meydana gelir ki bunlar helikopterin normal bir parçası olduğu gibi yükün bir parçası veya haricî unsurlardan biri olabilir. Titreşim uçağın gövdesinde tıkrıdama şeklinde hissedilir. En belirgin sebep gevşek skidlerdir.

➤ **Yüksek frekanslı titreşimler**

- Yüksek frekanslı titreşimlere kuyruk rotor süratinden fazla veya ona eşit süratte dönen veya titreyen uçağın içindeki herhangi bir parça sebep olur.
- En çok rastlanan ve bilinen sebepler kuyruk rotor palası ve iz ayarıdır. Pilot tecrübesi yüksek frekanslı titreşimin sebebini tespit etmede yardımcı olur. Titreşimde tecrübe sahibi olan pilot ikinci defa meydana gelen aynı titreşimin sebebini genellikle tanıyabilir.
- Aşırı titreşimi olmayan uçakla titreşimi olan uçakların kıyaslaması hataları ortadan kaldırmaya yardımcı olur.

UYGULAMA FAALİYETİ

Pervane çalışma sistemi inceleyiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Gerekli emniyet kurallarına uyunuz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Çalışma alanının temiz ve düzenli olmasına dikkat ediniz.➤ Yangın tüpünü hazır bulundurunuz.➤ Aircraft Maintenance Manuel (AMM)'yi hazırlayınız.➤ Gerekli bakım ve avadanlıkları hazırlayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Pervane çalışma sisteminin parçalarını tanıyınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Pervane çalışma sisteminin yapısını AMM'den inceleyiniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Pervane çalışma sisteminin elemanlarını sökünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Sökülen pervane çalışma sisteminin elemanlarını yerleştirmek için iş tezgâhını hazırlayınız.➤ Çalışma alanında yangın tehlikesi oluşturacak herhangi bir cihazın çalışmadığından emin olunuz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Pervane çalışma sisteminin elemanlarını inceleyiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Sökülen hidrolik sistem elemanlarını yerleştirmek için iş tezgâhını hazırlayınız.➤ Ölçü yapılacak parçaların temizliğine dikkat ediniz.➤ Ölçü aletlerinin uygunluğunu kontrol ediniz.➤ Kontroller sonunda pervane sistemi bakım kitabındaki göre ölçüler dışındaki parçaları değiştiriniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Pervane çalışma sisteminin elemanlarını takınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Parçaların son temizliğini yapınız.➤ Parçaları takarken sökme sırasının tam tersi işlem yapınız.➤ Bağlantıları tekrar kontrol ediniz.➤ Sistemi basınçlandırarak kaçak kontrolü yapınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

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. Aircraft Maintenance Manuel'i (AMM) hazırlayınız?		
5. Gerekli takım ve avadanlıkları hazırladınız mı?		
6. Pervane sistemi parçalarını iş sırasına uygun sökebildiniz mi?		
7. Pervane sistemi parçalarını sökerken görevi ve çalışması hakkında verilen bilgileri okudunuz mu?		
8. Sökülen parçaların temizliğini yaptınız mı?		
9. İş parçasının genel kontrolünü yaptınız mı?		
10. Ölçülen parçaların değerleri ile katalog değerleri ni karşılaştırdınız mı?		

DEĞERLENDİRME

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

ÖĞRENME FAALİYETİ - 2

AMAÇ

Bu faaliyetin sonunda uygun ortam sağlandığında pervane bağlantılarını bakım dökümanlarında belirtildiği şekilde yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Kompozit ve metal pervanelerin yapım yöntemlerini araştırınız.
- Araştırma konusunda sanal ortamda ve ilgili sektörde kaynak taraması yapınız.
- Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıftaki arkadaşlarınızla sunu yaparak paylaşınız.

2. PERVANE YAPISI

Hemen hemen bütün pervaneler ağaç, çelik, alüminyum veya birkaç tip kompozit (karma) metaryelden üretilmiştir. Uçakların geliştirildiği ilk yıllarda bütün pervaneler ağaçtan üretilmektedir. Bununla beraber ağaç, zararlara oldukça hassastır. Çelik pervaneler, havacılığın içine oldukça hızlı girdi.

Bugün, alüminyum alaşımlarla üstün maddeler üretilmektedir. Sabit ve ayarlanabilir pervanelerin her ikisi de bunlardan yapılmışlardır. Bunlara ilaveten şimdi birkaç kompozit malzeme oluşturulmada kullanılmaktadır. Çünkü onlar, hafif ağırlıkta ve bükülebilir. Pervaneler airfoil yapıda yapılır.

➤ Bileşik pervaneler

Kompozit pervane kanatları içindeki en önemli şey kazanç yavaşlığıdır. Kompozit pervanelerin birkaç avantajı şöyledir; hafiftir, aşırı derecede kuvvetlidir. Ayrıca kompozitler titreşimleri ve geri fırlamaları yutar, korozyonlara ve zararlara karşı kovacak şekilde yapılır.

Kompozit pallerde, görsel inceleme yapılırken "coin tap" incelenmesinde her bir pale yapılması tavsiye edilmektedir. Bu işlemde metal erozyon korumaları ki 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.

➤ **Metal pervaneler**

Alüminyum alaşımlar bugün geniş bir çoğunlukla pervane yapımında kullanılmaktadır. Alüminyum, ağaçtan daha çok tercih edilir.

Çünkü o kabul edilebilir incelikte ve daha verimli bir airfoil yapıya sahiptir. Tipik bir alüminyum pervane üzerindeki airfoil kısmı hub'a kadar uzatılarak daha iyi bir airfoil oluşturularak motorun soğutulması sağlanır. Alüminyum pervanelerde daha çok istenilen şey, ağaç pervanelere göre daha az bakım ve azaltılmış yapım maliyetidir. Alüminyum pallerde, görsel inceleme yapılırken üretici şirketin verdiği dokümanlar göze alınır. Eğer pal hasarı dokümanlarda tanımlandığından ötede ise pal kullanımdışı olarak ayrılmalı ya da tamir istasyonuna yollanmalı uçuşa koyulmamalıdır.

➤ **Çelik pervaneler**

Çok eski ve yaşlı nesil nakliye uçaklarında kullanılırdı. Çünkü çelik çok ağır bir metaldir.

2.1. Kompozit ve Metal Pervanelerin Yapım Yöntemleri ve Kullanılan Malzemeler

Kompozit malzemeler, şekil veya kimyasal bileşimleri farklı, birbiri içerisinde pratik olarak çözünmeyen iki veya daha fazla sayıda makrobileşenin kombinasyonundan oluşan malzemeler şeklinde tanımlanabilir. Belirli bir uygulama için malzemedeki beklenen değişik fiziksel, mekaniksel veya kimyasal özelliklere sahip bileşenler tarafından sağlanır. Uçaklarda kompozitlere yönelme, ağırlık ve maliyetten tasarruf kadar daha iyi performans arzusunun bir sonucudur.

➤ **Metal yapıştırma medodu**

Farklı imalat medotları ile üretilmiş metalleri birbirine yapıştırarak normal perçin civata gibi bağlayıcılarla yapımı zor parça grupları yapılabilmektedir. Tamamı metal blade ve uçuş kumanda yüzeyleri bu metotla yapılmaktadır. İki metal arasına gene metal olan bal peteği bir dolgu malzemesi yapıştırılarak yüzeysel yüklere dayanıklı sağlam bir parça gurubu elde edilmektedir.

➤ **Kompozit parça yapım metodları**

- **Elle serme (hand lay-up), ıslak metod (wetmethod)**

Açık bir kalıba elyaflar (güçlendirici) tabakalar hâlinde ve istenen açıda elle serilip üzerine reçine emdirilir (fırça ile). İstenilen kalınlığa ulaşıncaya kadar sıcaklığında sertleşmeye bırakılır. Bu metotta genellikle fiberglass (cam elyafı) ile polyester reçine kullanılır. Genellikle tekne, su deposu ve oão parçaları yapılmaktadır.

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

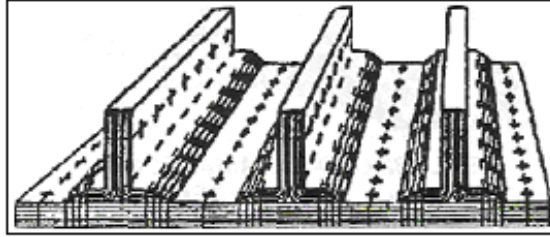
Prepreg İçine üretici tarafından reçine emdirilmiş ve kısmen sertleştirilmiş kumaş gibi örgülü veya tek bir yönde dizilmiş elyaflardan oluşan kumaş görünümlü, rulo hâlinde saklanan kompozit ham malzemesidir. Prepregler sınırlı ömürlü olup buzdolabında veya derin dondurucularda saklanır. Toz olmayan ortamlarda 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 hale getirilip oda sıcaklığında sertleştirilme kür işlemi yapılır.

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

Bu metodun yukarıdaki metottan farkı sertleştirme işleminin ya 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.

- **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 2.1: Htm metodu ile üretilmiş uçak yapısal parçaları

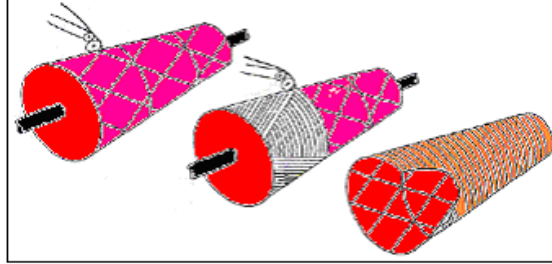
- **Flament winding**

Torna gibi dönen bir mandrele (kalıba) reçine ile ıslatılmış elyafın istenilen açıda ve katman sayısında sarılması, mandrelin veya tamamının fırında ısıtılarak "cure" edilmesi 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 yeğpare kanat, kuyruk parçaları yapılabilir.

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 2.2: 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 A-380 yolcu uçağı gövdesinde önemli oranda kullanılmaktadır.

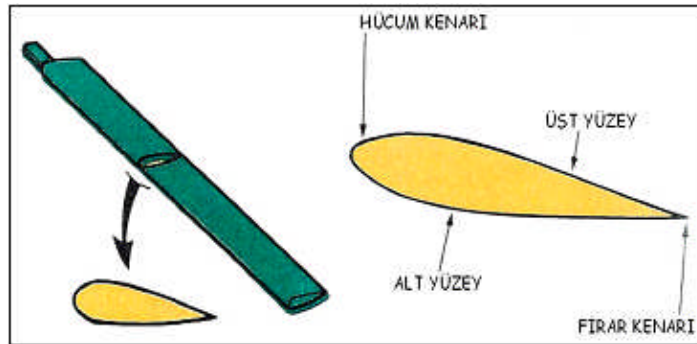
2.2. Blade İstasyonları, Blade Yüzü, Blade Boynu, Blade Sırtı ve Hub Tertibatı

2.2.1. Blade İstasyonları

Palin yapımında palin her bir inch'i bir istasyondur. Her bir inch'in birleştiği yer birbirinin eşit olduğu yerdir. Farklı inch mesafeleri alanın ortalarına gelir. Bakımda 6 inch'lik mesafeye tamir maksatları için bir istasyon denir.

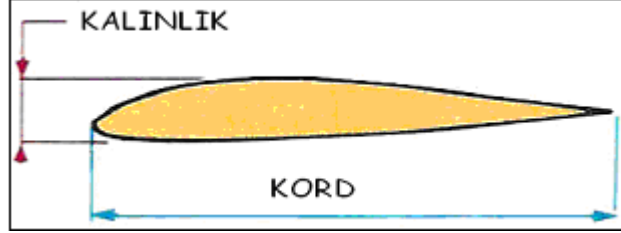
2.2.2. Blade Yüzü, Boynu ve Sırtı

Blade yüzü airfoil yapıdaki pervanenin alt yüzeylerine tekabül eden kısımdır. Blade sırtı airfoil yapıdaki pervanenin üst kısmıdır.



Şekil 2.3: Kanat yapısının ana parçaları

Oran: Kalınlık / Kord, bu orana kalınlık oranı denir. Kalınlık oranı kordun yüzdesini ifade eder (Ör: Kalınlık oranı %12).



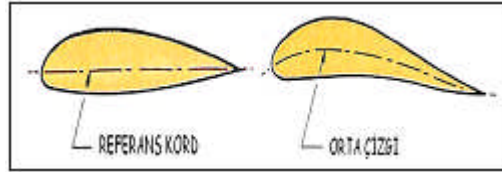
Şekil 2.4: Kanat üzerindeki kord ve kalınlık ifadesi

➤ **Referans cord**

Hücum kenarı ile firar kenarını birleştiren çizgidir. Kort airfoil yapının hucum ve firar kenarlarını birleştiren hayali doğrudur.

➤ **Çizgi**

Alt ve üst yüzeylerden eşit mesafeleri birleştiren çizgidir.

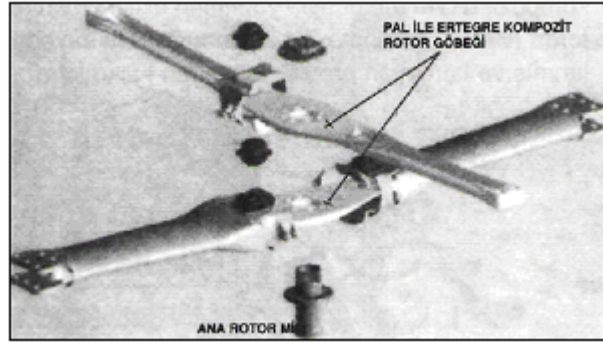


Şekil 2.5: Referans kord ve orta çizgi

2.2.3. Hub Tertibatı

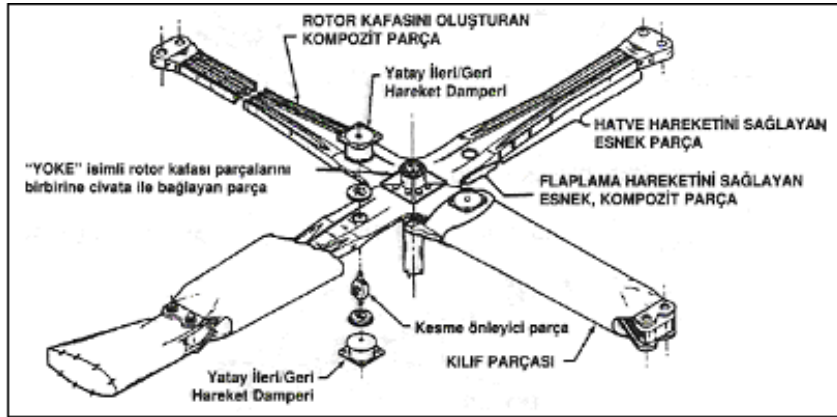
Hub, pistonlu uçak motorlarında pistonunun aksiyal hareketini bir yükte birlikte blade açısının değiştirildiği yer olan pitch değiştirme switch'lerine ve pitch bloklarına iletir.

Hub'lar pallerin birleştirildiği ve pallerin kontrol mekanizmalarının yerleştirildiği birimlerdir. Paller uçuş sırasında pek çok aerodinamik yük etkisi altında kalır ve kopmalarını veya kırılmalarını önlemek için gerekli tüm mekanizmalar hub üzerinde bulunur. Bu mekanizmalar pallerin serbest hareket etmelerini sağlayarak güvenli bir uçuşu ve kontrollü hareketlerini de sağlayarak pilotun hâkimiyetini sağlar.



Resim 2.1: Gelişmiş bir "bearingless" rotor sisteminde palle bütünleşik rotor göbekleri

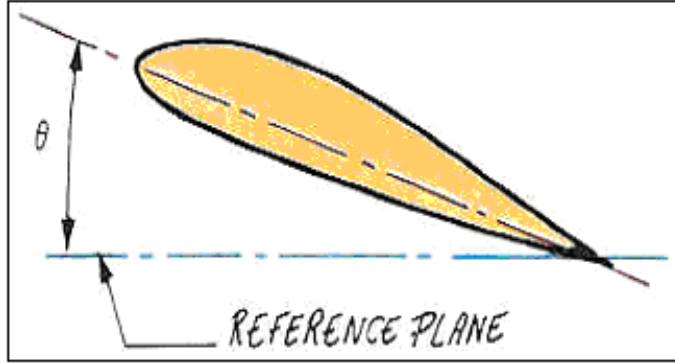
Railerden gelen taşıma kuvvetlerinin toplanıp yoğunlaşarak ana rotor miline veya "Statik mast" denen sabit direğe aktaran ve de gene aynı yolla helikopterin ağırlığını üzerine alan çok kritik bir parçadır. Bu nedenden dolayı ya özel çelik alaşımlarından ya da yaygın olarak titanyum metalinden yekpare olarak yapılmaktadır. Gelişen kompozit teknolojisi sayesinde tamamen kompozit pallerle entegre olarak yapılmış rotor göbekleri yapılabilmektedir.



Şekil 2.6: İki parçalı tamamı kompozit rotor göbeği ve yataksız (bearingless) kompozit rotor sistemi (Bell helicopter)

2.3. Sabit Pitch, Kontrollü Pitch, Sabit Hızlanan Pervane

Pitch açısı (geliş açısı) (θ), kord hattıyla sabit referans düzlem arasındaki açıdır. Helikopter palesi için bu referans düzlemi, rotorun normalde döndüğü eksenidir.



Şekil 2.7: Pitch (geliş) açısı θ

2.3.1.Sabit Hatveli (fixed pitch) Pervaneler

Bu pervaneler tek parça hâindedir. Sadece pitch hataketi yapılabilen bu pervaneler genelde iki bladeden oluşmaktadır. Malzemeleri çoğunlukla metaldir. Bu pervanelerde pervane hücum açısı değişmemektedir. Açılı uçağın seyir hızında en verimli olacak şekilde sabitlenmiştir.



Resim 2.2: Sabit hatveli pervane

2.3.2. Pitch Konumu Yerde Ayarlanabilir Pervaneler

Pitch konumu motor çalıştırılmadan önce sadece aletlerle yerde yapılabilir. Bu tip pervanelerde genellikle bir split hub bulunur. Blade açıları uçağa göre belirlenir.

2.3.3. Kontrol Edilebilen Pitch

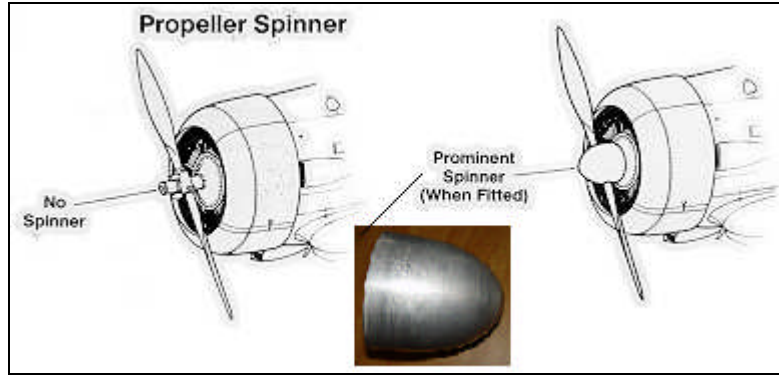
Pitch pozisyonu uçuş sırasında değiştirilebilen pervanedir.

2.3.4. Sabit Hızlanan Pervane

Motor gücünün değişken özelliklerine göre blade açıları otomatik şekilde değiştirilebilen pervanelerdir.

2.4. Pervane / Spinner Yerleşimi

Spinner asambleler ve tam teçizatlı elemanlar farklı dizayn ve boyutlarda bulunabilmektedir. Spinner kubbeleri gelişen pervane teknolojileri ile birlikte fiberglasstan üretilmeye başlamıştır.



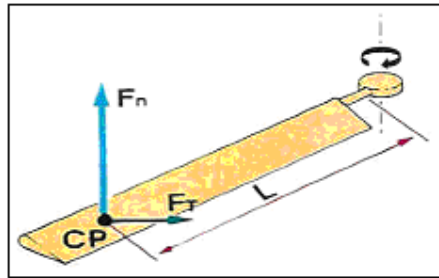
Resim 2.3: Spinner

Harici spinner ve bulkhead güvenlik kontrollerinde kayıp fastenerlar, hasarlar ve çatlaklara bakılır. Çatlaklar genelde bağlantı elemanlarında gözlenir. Spinner ve bulkhead asamblesi detaylı incelemelerde, çıkabilir pal Spinner'lerinin bağlantılı kısımları incelenmelidir.

Spinner ve spinner bulkheadlerinin incelenmesindeki çatlaklar ve tamirlerinde oluşan delikler ve kaynaklar göz önünde bulundurulmalı ve incelenmelidir. Spinnerin her 100 uçuş saatinde bir pal motor bağlantısının sökülüp bakımının yapılması gereklidir. Eğer hasar varsa üreticinin bakım dokümanları doğrultusunda incelenmelidir.

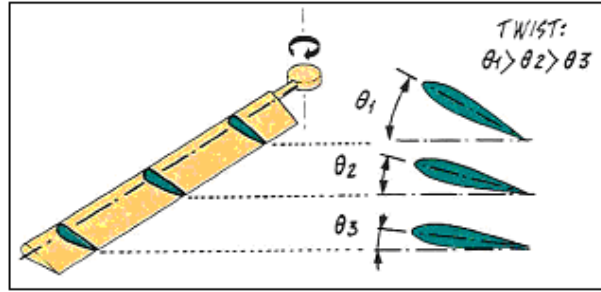
- **Görsel incelemelerde çatlaklar, yıpranma ve aşınmalar, gevşek veya kayıp eklentiler yüzünden gerçekleşmektedir.**

Kaplama ve spinner uyumluluğu ara yüz hasarlarını gerçekleştirir. Kaldırma ve sürüklenme kuvvetlerinin kökten uca doğru artışı bıçak ucu yakınındaki basınç merkezinde en uygundur.



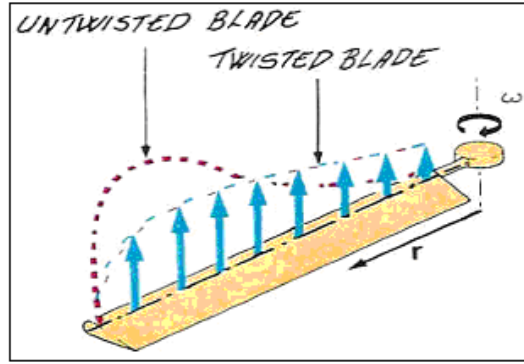
Şekil 2.8: Kaldırma ve sürüklenme kuvvetleri

Burası kök sonuna momentlerin uygulandığı yerdir fakat bıçak uzunluğu momentlerin görüntü noktasından fazladır. Daha iyi yol dağılımı, eğilme momentlerinin azalması, bıçaklarda bükülme elde edilmiş olur. Bu şekil bozukluğu palenin boylamsal eksenindedir. Bunlar böylece rotor başı yakınılarında hücum açısının artışı ve uca doğru hücum açısının azalmasını sağlar. Pale ucunda bağlı hız (VR) yüksektir.



Şekil 2.9: Hücüm açısının rotor başı yakınılarında uca doğru değişimi

θ açısı pale dibinden ucuna doğru düzenlice azalır. Bu azalma sonucu kaldırma ve sürüklenme değerlerinde de azalma olur.



Şekil 2.10: Burkulmuş ve burkulmamış palede kaldırmanın yarıçap boyunca dağılımının karşılaştırması

UYGULAMA FAALİYETİ

Palin sökülmesi ve temizlenmesi işlemini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Gerekli emniyet kurallarına uyararak Pervane nin pallerinde aşınma ve hasar olup olma dığını dikkatlice kontrol ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Çalışma alanının temiz ve düzenli ve aydınlık olmasına dikkat ediniz.➤ Pervane sistemi bakım kitabını hazırlayınız.➤ Gerekli bakım ve avadanlıkları hazırlayınız.➤ Bağlantılarınızı tekrar kontrol ediniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Gerekli emniyet kurallarına uyararak Bütünparçaların numaralandırıldığından emin olunuz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Parçaları katalog değerlerine göre numaralandırınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Bütün stop nut, vida cıvata, rondelâ ve sealent'leri sökerek pervaneyi solvent veya muadili bir madde ile siliniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Temizlik için MEK (Metil- Etil-Keton) kullanmayınız. MEK kullanmak spinner ve pervane pal boyalarını inceltir.
<ul style="list-style-type: none">➤ Bir pal yukarı (dik) gelecek şekilde monte tezgâhına bağlayın. Varsa spinner dom sökünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Balans ağırlıklarının miktarını ve yerlerini not ediniz.➤ Her pal için bir, aynı benzer parçalar için bir ve hub içinde bir olmak üzere uygun kutular kullanınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Kilit somunlarını sökerek counter weight'leri alınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Tekrar kullanmak üzere muhafaza ediniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Lock plate vidalarının emniyetini kesiniz. Bütün lock pladeleri alınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Bütün lock pladeleri tekrar kullanmak üzere muhafaza ediniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Hub socket 'ten pali alın, split needle cage bearing alınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Tekrar kullanmak üzere muhafaza ediniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Retention nut ve pitch change pin'in hasar görmesini önlemek için plastic protection socket içerisine vidalayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Parçaları takarken sökme sırasının tam tersi işlem yapınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Hub socket'ten needle bearing, race block'u alınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Tekrar kullanmak üzere muhafaza ediniz.➤ Pitch change block takılma yönü ve pal numaralarına göre numara veriniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Diğer palleride aynı şekilde sökünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Parçaları takarken sökme sırasının tam tersi işlem yapınız.➤ Bağlantıları tekrar kontrol ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

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. Aircraft maintenance manuel (AMM)'yi hazırlayınız?		
5. Gerekli takım ve avadanlıkları hazırladınız mı?		
6. Pervane bağlantılarını iş sırasına uygun sökebildiniz mi?		
7. Pervane bağlantılarını sökerken görevi ve çalışması hakkında verilen bilgileri okudunuz mu?		
8. Sökülen parçaların temizliğini yaptınız mı?		
9. İş parçasının genel kontrolünü yaptınız mı?		
10. Ölçülen parçaların değerleri ile katalog değerleri ni karşılaştırdınız mı?		

DEĞERLENDİRME

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

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Şekil veya kimyasal bileşimleri farklı, birbiri içerisinde pratik olarak çözünmeyen iki veya daha fazla sayıda makrobileşenin kombinasyonundan oluşan malzemeler aşağıdakilerden hangisidir?
A) Kompozit malzemeler
B) Alüminyum malzemeler
C) Demir malzemeler
D) Bakır malzemeler
2. Palin yapımında palin her bir inch'i bir istasyondur. Bakımda kaç inch'lik mesafeye tamir maksatları için bir istasyon denir?
A) 12 inch B) 10 inch C) 8 inch D) 6 inch
3. Hücum kenarı ile firar kenarını birleştiren çizgi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Yoke B) Referans Cord C) Hatve D) Flaplama
4. Kord hattıyla sabit referans düzlem arasındaki açı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Hub açısı
B) Kord açısı
C) Pitch açısı
D) Yoke açısı
5. Pitch açısı (geliş açısı) aşağıdaki sembollerden hangisi ile gösterilir?
A) θ B) α C) β D) γ
6. Kaldırma ve sürüklenme kuvvetlerinin kökten uca doğru artışı aşağıdakilerden hangisini sağlar?
A) Daha iyi yol dağılımı, eğilme momentlerinin azalması sağlar.
B) Rotor ucuna doğru hücum açısının azalmasını sağlar.
C) Rotor başı yakınlarında hücum açısının artışı sağlar.
D) Hepsi

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 - 3

AMAÇ

Bu faaliyetin sonunda uygun ortam sağlandığında hız kumanda ve pitch değiştirme yöntemlerini bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde yapabilecektir.

ARAŞTIRMA

- Uçaklarda pervane pitch kumandası özelliklerini araştırınız.
- Araştırma konusunda sanal ortamda ve ilgili sektörde kaynak taraması yapınız.
- Yaptığımız araştırmayı rapor hâline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıftaki arkadaşlarınızla sunu yaparak paylaşınız.

3. PERVANE PİTCH KUMANDASI

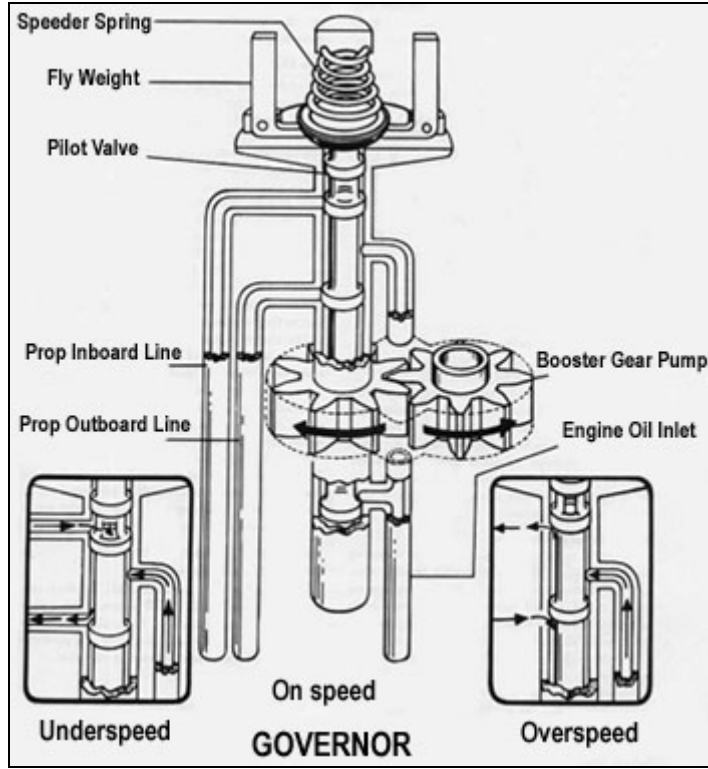
3.1. Hız Kumanda ve Pitch Değiştirme Yöntemleri

Uçuş operasyonu için motorun çalışma, dönme hızına gerekli olan gücü sınırlı bandlar çerçevesinde sağlar. Uçuş sırasında hıza duyarlı governer pervanelerin kontrolünü otomatik olarak sağlar. Blade açılarını ayarlar. Rpm kontrol eder. Thrust ayarlanmasına yardımcı olur. Uçağın blade açılarını merkezkaç burkulma momenti, motordaki yağ basıncı ve pervane governörü sağlar.

- **Merkezkaç burkulma momenti:** Merkezkaç kuvvetler dönen blade'ler üzerinde tüm zamanda blade'lerin önünde low pitch meyil verir.
- **Motordaki yağ basıncı:** Pistonun dış yüzeyindeki merkezkaç kuvvetinin önünde low pitch yapmasını sağlar.
- **Pervane governörü:** Hidrolik yağı pistonun iç yüzeyindeki kısımda ilk iki kuvvetin balansını ve hareketini sağlayan blade'leri high pitch yapmasını sağlar.

Regülâtör operasyonu (denge ağırlıklı hız sabitleyici)

Regülâtör pervaneden gelen yağ akışını kontrol eder ve sağlar. Motor yağlama sisteminden gelen yağ motor sürüş regülâtörüne ulaştırır ve istenilen basınç ayarlanır ve pitch değişim mekanizmasıyla operasyon yapılır. Dişli pompası motor yağ basıncını artırarak pervane operasyonu için istenilen basınç relief valf düzenleyici basıncını ayarlar, pilot valf ise regülâtöre giden yağ kontrol eden valftir.



Resim 3.1: Governor (Regülator)

➤ **Sabit hız**

Motor çalışırken governor kullanılıyorsa pervaneler sabit hızla kontrol edilir. Pervane ve motor hızı sabit bir devirde RPM'i ayarlamışsa pervane çalışma seviyesine gelmiştir.

➤ **Düşük hız durumu**

Pompadan gelen yağ basıncından kurtulmak için relief valf kullanılır. Çünkü pervane karşı denge kuvveti ile silindirden gelen yağ gücü tarafından yüksek pitche doğru uygulanan güç ile dengelenerek hareket etmesini engeller.

Hız altı durumu pervane RPM'i yada motor RPM'i değişimini RPM'i düşük olmaya meyilli olarak ayarlanmış ya da regülator yüksek RPM kontrol hareketini gerçekleştirir. Hızlandırma yayının (speeder spring) kuvveti uçuşa yeteri gücü sağlayamaz. Pilot valfin gücü düşüktür. Yardımcı pompa yağı pervane hatlarına gönderir bu güçler sayesinde silindirleri dışa doğru hareket ettirir ve blade ler düşük hızda döner. Motor RPM'i artarsa dönüş hızlanır. Hız artarsa uçuş ağırlık kuvveti de bununla birlikte artar ve hızlandırma yayı ile güç dengesi oluşmaya başlar. Pilot valf çalışırsa regülator devamlılık gösterir ve motor RPM'ini sabit tutar.

➤ **Yüksek hız durumu**

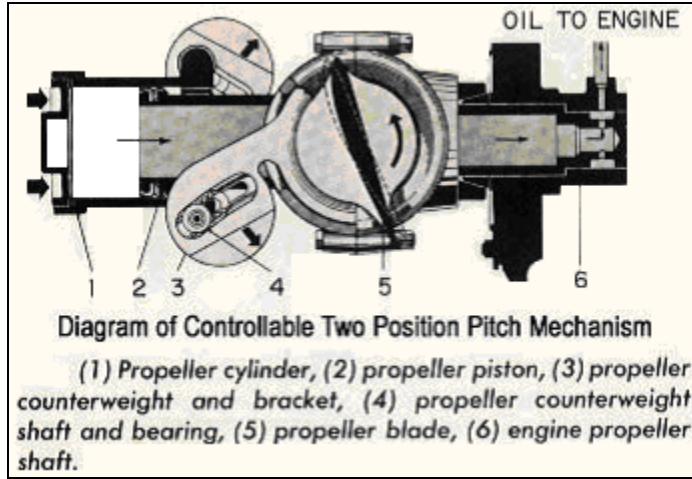
Uçağın yüksekliği değiştiğinde veya motor gücü arttığında ve motor RPM'i artmaya meyilli olduğunda governor (regülatör) RPM'e yönlendirir ve regülatör harekete geçer.

➤ **Sabit hatveli (fixed pitch) pervaneler**

Daha önce de kısaca bahsedilen bu pervanelerde hücum açısı değişmemektedir. Açılı uçağın seyir hızında en verimli olacak şekilde sabitlenmiştir. Bu pervaneler direkt olarak motorun krank miline veya devir düşürücü bir dişli kutusu bağlıdır. Pervane devri motor devrine bağlı olup gaz verilince artar azaltılınca azalır.

➤ **İki pozisyonlu pervanelerde pitch kumandası**

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



Resim 3.2: İki pozisyonlu pitch kontrol mekanizması diyagramı

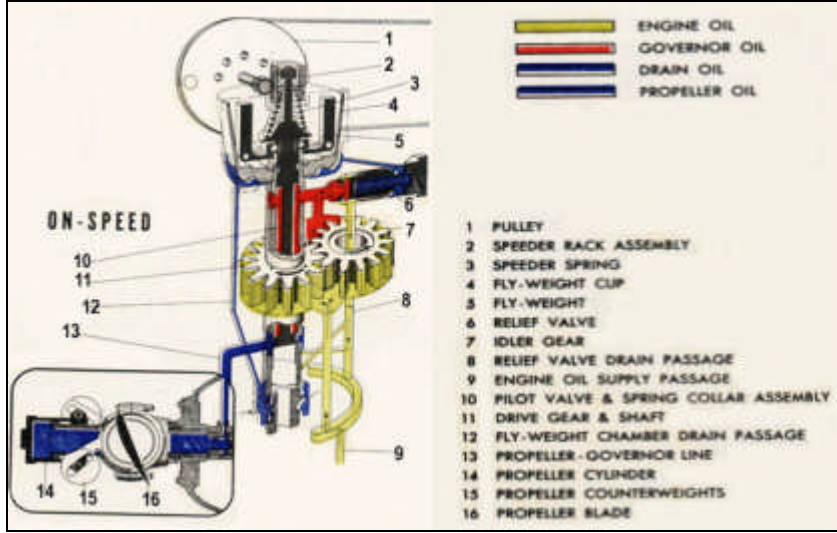
➤ **Kontrol edilebilen pitch kumandası**

Motor hidrolik tahrikli bir pitch konum değiştirme mekanizması tarafından çalıştırıldığı zaman pilot pervanenin pitch pozisyonu uçuş sırasında değiştirilebilir.

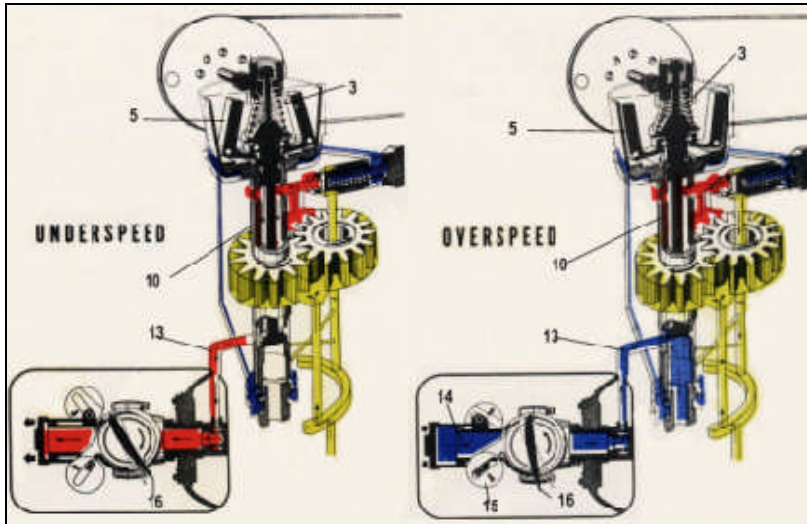
➤ **Sabit hızlanan pervanede pitch kumandası**

Daha öncede kısaca bahsedildiği gibi bu tür pervanelerde pervane hücum açısı değiştirilebilir ve ayarlanabilir olup pilot gaz kolu ile motorun gücünü arttırsa bile bir regülatör tarafından kontrol edilebilen hidrolik'i ya da elektrik'i çalıştırılan pitch değiştirme mekanizması tarafından otomatik olarak pervane devrini (RPM=Dakikadaki dönüş hızı) sabit tutar. Bu sistemde pilot istediği devir sayısını seçebilir. Bu da pervane hatve ayarı açısı ile olur.

Seyir sırasında yüksek hatve açısı seçilerek pervanenin düşük RPM’ de dönmesi sağlanır. Bu tip pervaneli uçaklarda gaz kolu dışında ‘Propeller Control ve Pitch Control’ isimli bir ayar kolu ile pilot pervane hatve açısını ayarlayarak maksimum verimi elde edebilir. Motor gücü gaz kolu ya da pistonlu uçaklarda manifold basınç kolu ile ayarlanabilir. Eğer motor gücü artarsa blade açıları, sabit hızlı pervaneleri sarsıntıdan korumak için yükseltilir. Diğer taraftan eğer motor gücü azalır ise motor devrini sabit tutmak için blade açıları azaltılır.



Resim 3.3: On – Speed



Resim 3.4: Under ve over speed

3.2. Feathering ve Ters Pitch

Pervaneli uçaklarda motor arızası durumunda pervane duracağından diğer motorlarla ya da mevcut hızı nedeniyle hareket hâlinde olan uçak için durmuş pervane büyük bir geri sürüklenme (drag) kaynağı ve hava akımını karıştırıcı bir engel hâline gelir. Bunu önlemek için değişken hatveli pervaneli uçaklarda ya pilot elle (manuel) olarak hatve açısını uygun bir konuma getirir ya da bazı uçaklarda bulunan bir sistem ile motor durduğunda otomatik olarak pervaneler hava akımına dik, en az sürüklenme kuvveti yaratacak bir konuma gelir.

Böylece pervanelerin uçağın süzülmesine ya da diğer kalan motorlarla uçuşuna engel olması önlenir. Pervanelerin bu konumu "Feathering = Yelkenleme" olarak isimlendirilir.

Bu özellik yerde motorlar deneme için çalıştırılırken de kullanılır. Motorlar tam gaz çalışsa bile "feathering" ile hatve açısı ayarlanarak itme gücü sıfır olur, uçağı etkilemez.

Ters pitch bazı uçaklarda yere indiğinde hatve açısı ters çevrilerek uçağı kısa mesafede frenleme ve durdurabilmektedir. Uçağın yerde manevra yaparken uçağın geri gitmesi sağlamaktadır. Helikopterde ise her pal diğer pallerden bağımsız olarak hatve (hücum açısını) değiştirebilecek bir yatağa ve hatve kumanda boynuzu {pitch horn) denen mafsallı bir çıkıntı ile hatve kumanda çubuklarına bağlıdır. Bu çubuklar aşağıda "swash plate" denen bir 'Tabla Asamblesine' mafsallarla bağlıdır. İngilizce "swash plate" olarak isimlendirilen tabla sisteminin alt kısmında sabit tabla, üst kısmında ise hatve iletim çubuklarının bağlı olduğu döner tabla bulunur.

Motora bağlı ana dişli kutusundan gelen ve rotora dönme hareketi veren mil bu iki tablanın merkezinden geçer ve milin geçtiği kısımda küresel bir mafsal vardır. Bu, tabla asamblesinin istenilen tarafa eğilmesini sağlar.

3.3. Aşırı Hız Koruması

Bir pervane yüksek hıza maruz kalır ve herhangi bir bilgi vermez. Bununla birlikte 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.

Uçak irtifası değiştiğinde ve motor gücü arttığında veya artırılmak üzereyken yüksek hız durumu meydana gelir. Bu durumda uçuş ağırlığının gücü, silindirdeki yağı boşaltmak için açılan pal hattı valfinin ve hızlandırıcı yay (speeder spring) gücünün üstesinden gelir. Pallerdeki denge ağırlığı gücü, bladeleri ileri yönde hızla döndürür. Yüksek hızda, palin dönmesi için daha fazla güce ihtiyaç vardır. Hızı düşürmekle, ağırlığı düşürülür ve speeder spring eşit duruma gelir.

Helikopter pervanelerinde ise Rotor RPM'i ve helikopterin öne doğru hızı limitlerin üzerine kesinlikle aşmamalıdır ki bu aerodinamik endişedir. Paleler üstünde stall'ın oluşma sebebi titreşimler ve yüksek mekanik streslerdir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Hub'ın bakım işlemlerini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Gerekli emniyet kurallarına uyararak hub önündeki stop nut ve check nut sökün ve front spaceri alınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Çalışma alanının temiz ve düzenli ve aydınlık olmasına dikkat ediniz.➤ Pervane sistemi bakım kitabını hazırlayınız.➤ Gerekli bakım ve avadanlıkları hazırlayınız.➤ Bağlantılarınızı tekrar kontrol ediniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Piston rod'u sağa çevirerek fork'tan kurtarınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Pervane sistemi bakım kitabına göre piston rod'u ve fork bağlantısını ayırınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Frond guide vidaları üzerindeki üzerindeki emniyet tellerini kesiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Temizlik için MEK(Metil- Etil-Keton) kullanmayınız. MEK kullanmak spinner ve pervane pal boyalarını inceltir.
<ul style="list-style-type: none">➤ Frond guide vidalarını sökün. Sökerken tutun.Aksi taktirde yay kuvveti örtüyü hub'tan kurtarıp fırlata bilir.	<ul style="list-style-type: none">➤ Söküm işlemini yaparken pervane bakım el kitabından yararlanınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Yavaşca frond guide ve spinner support'u yerinden alınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Bakım işlemi aletlerini kullanınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Hub'ın içinden spring, spring bushing ve fork'u alınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Gerekli bakım ve avadanlıkları hazırlayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Guide bushing'i dışarı doğru itiniz.	
<ul style="list-style-type: none">➤ Bütün somun, cıvata, rondelâ, oring ve vidaları sökünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Eğer flanş üzerinde rondelâları varsa onlarıda sökünüz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Hub'ın durumu kontrol ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Tekrar kullanmak üzere muhafaza ediniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Hub ve sökülen parçalar yerine takınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Parçaları takarken sökme sırasının tam tersi işlem yapınız.➤ Bağlantıları tekrar kontrol ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

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. Aircraft maintenance manuel (AMM)'yi hazırladınız mı?		
5. Gerekli takım ve avadanlıkları hazırladınız mı?		
6. Hub'un parçalarını iş sırasına uygun sökebildiniz mi?		
7. Hub'un parçalarını sökerken görevi ve çalışması hakkında verilen bilgileri okudunuz mu?		
8. Sökülen parçaların temizliğini yaptınız mı?		
9. İş parçasının genel kontrolünü yaptınız mı?		
10. Ölçülen parçaların değerleri ile katalog değerleri ni karşılaştırdınız mı?		

DEĞERLENDİRME

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

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Motor durduğunda otomatik olarak pervaneler hava akımına dik, en az sürüklenme kuvveti oluşturduğu konum aşağıdakilerden hangisidir?
A) Pitch Horn
B) Feathering
C) Drag
D) Swash Plate
2. Paleler üstünde stall'ın oluşma sebebi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Titreşimler ve yüksek mekanik yükler.
B) Havanın basıncı
C) Havanın yoğunluğu
D) Havanın sıcaklığı
3. Türbülans ve negatif kaldırma kuvvetine aşağıdakilerden hangisi neden olur?
A) Ters hava akımı
B) Havanın basıncı
C) Havanın yoğunluğu
D) Havanın sıcaklığı
4. Motorlar tam gaz çalışsa bile "feathering" ile hatve açısı ayarlanarak itme gücü sıfır olursa aşağıdakilerden hangisi gerçekleşir?
A) Uçağı geri sürükler.
B) Uçağı düşürür.
C) Uçak etkiler.
D) Uçağı etkilemez.
5. Hatve kumanda çubuklarına mafsallarla hangi parçaya bağlanır?
A) Sabit tabla
B) Pitch Horn
C) Swash Plate
D) Feathering

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 - 4

AMAÇ

Bu faaliyetin sonunda uygun ortam sağlandığında Pervanenin senkronizasyon ayarını bakım dökümanlarında belirtildiği şekilde yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Uçaklarda pervanelerin senkronize çalışmasını araştırınız.
- Araştırma konusunda sanal ortamda ve ilgili sektörde kaynak taraması yapınız.
- Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıftaki arkadaşlarınızla sunu yaparak paylaşınız.

4. PERVANE SENKRONİZASYONU

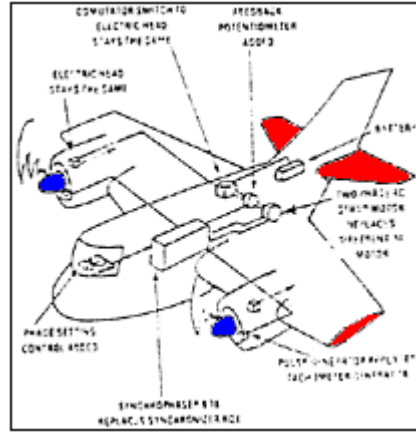
4.1. Senkronizasyon ve Senkro-Fazlama Tertibatı

Bir senkronize sisteminin, mekanik veya elektrikli olarak kullanımı mümkündür. Bir uçak üzerindeki çoklu makinelerin ve pervanelerin kurulmasıyla aşırı titreşim ve mevcut gürültü potansiyeli ortaya çıkar. Bu problemlere bir katkı faktörü de pervaneler arası rpm hız farklılığı ile sağlanır.

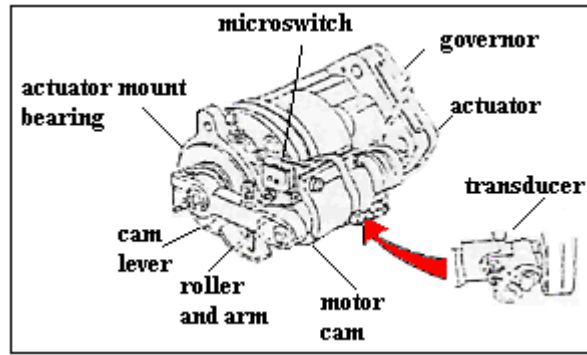
Gürültü ve titreşim üretimi ya da senkronizesi bir yolla miktar olarak azaltılıp uyuma sokulur. Bu gün motorların rpm hız eşitlemesi, uçak dâhilinde birkaç senkronize sisteminde kullanılan çoklu makine ve temel motor senkronize sistemine sahip bir makine kontrol sistemidir.

Makine rpm hız kontrol sisteminin senkronizesiyle azaltılmış bütün pervaneler eşitlenmiş ve rpm hızları aynı olmuştur. Böyle bir sistemin kullanılmasını uçakların kalkış ve iniş durumlarından ayırmak gerekir.

Ana motor senkronizasyonu erken tip bir senkronize sisteminin kullanıldığı WWTI-dört motorlu uçakta sistem şunlarda oluşmuştur. Bir senkronize ana ünitesi, dört alternatör, bir ana takometre, bir takometre jeneratörü ve kontaktör ünitesi her motorda, bir ana hız kontrol manivelası, anahtarlar ve hatlardır.



Şekil 4.1: Hamilton standart senkronize sistemlerinin karşılaştırılması



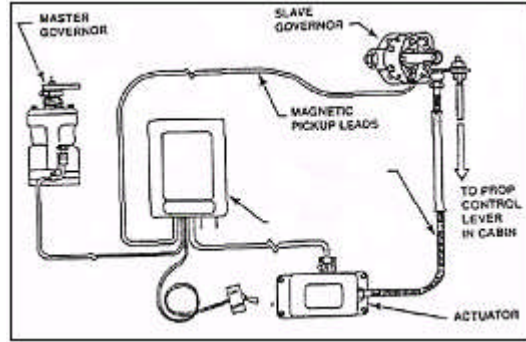
Şekil 4.2: Mekanik governor

➤ Senkronize donanımları

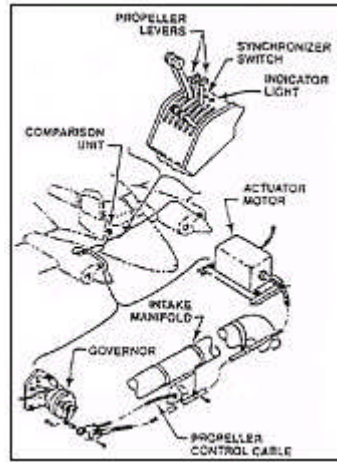
Senkronize donanım sistemi, pervane senkronize sistemindeki hassasiyetlerdir. Bu sistemler pervane kanat dönüşleri arasındaki uçaktaki açı farklılıklarında, bir pilot kontrolüne izin verir. Bu açı farklılıkları faz açısı olarak bilinir ve pilot ayarlarıyla minimum titreşim seviyesi ve gürültü sağlar.

Tipik bir senkronize donanım sistem ekipmanlarında her makinede, bir manyetik pikap devresi olarak bilinen bir pulse jeneratörü bulunur. Her motor üzerindeki pulse jeneratörü, aynı kanadın kilididir.

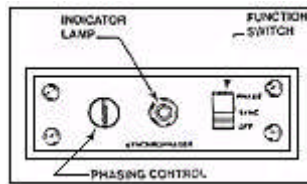
Pulse jeneratörünün amacı pervaneleri karşılaştırmaktır. Her pervane kanadının geçişi sırasında pulse jeneratörü bir elektrik sinyalini faz kontrol ünitesine gönderdiği sıraya uygun dizayn edilir. Bir pervanenin manuel faz kontrolü kokpit içinde mümkündür. Pilot manuel olarak faz açısını minimum titreşim ve gürültü üretecek şekilde seçip kullanabilir.



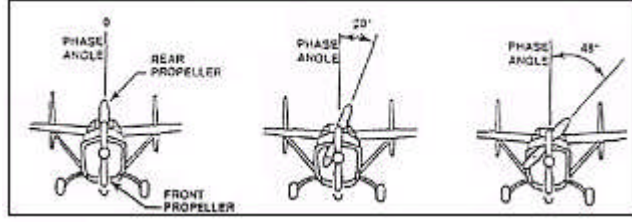
Şekil 4.3: Temel çift pervaneli senkronizasyon sistemi



Şekil 4.4: İki motorlu propeller motorun pervanesinin senkronize çalışması



Şekil 4.5: Kontrol paneli



Şekil 4.6: Senkronize şekilde duruş açısı ile pervanelerin minimum ses ve titreşim seviyelerinin ayarlanması

UYGULAMA FAALİYETİ

Pervane senkronizasyon sistemini sökünüz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Gerekli emniyet kurallarına uyunuz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Çalışma alanının temiz ve düzenli ve aydınlık olmasına dikkat ediniz.➤ Yangın tüpünü hazır bulundurunuz.➤ Aircraft Maintenance Manuel (AMM)'yi hazırlayınız.➤ Gerekli bakım ve avadanlıkları hazırlayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Gerekli emniyet kurallarına uyarak pervane senkronizasyon sistemini inceleyiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ AMM'ye göre pervane senkronizasyon bakımını hazırlayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Pervane senkronizasyon sistemini sökünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Sistem sökümü için alet ve avadanlıkları hazırlayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Pervane senkronizasyon sistemini elemanlarını temizleyiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Sökülen Pervane senkronizasyon sistemini elemanlarını yerleştirmek için iş tezgahını hazırlayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Pervane senkronizasyon sisteminin bakımını yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Ölçü yapılacak parçaların temizliğine dikkat ediniz.➤ Ölçü aletlerinin uygunluğunu kontrol ediniz.➤ Kontroller sonunda AMM'ye göre ölçüler dışındaki parçaları değiştiriniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Pervane senkronizasyon sisteminin elemanlarını takınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Parçaların son temizliğini yapınız.➤ Parçaları takarken sökme sırasının tam tersi işlem yapınız.➤ Bağlantıları tekrar kontrol ediniz.➤ Sistemi basınçlandırarak kaçak kontrolü yapınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

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. AMM (aircraft maintenance manuel)'yi hazırladınız mı?		
5. Gerekli takım ve avadanlıkları hazırladınız mı?		
6. Pervanenin senkronizasyon parçalarını iş sırasına uygun sökebildiniz mi?		
7. Pervanenin senkronizasyon sistemini sökerken görevi ve çalışması hakkında verilen bilgileri okudunuz mu?		
8. Sökülen parçaların temizliğini yaptınız mı?		
9. İş parçasının genel kontrolünü yaptınız mı?		
10. Ölçülen parçaların değerleri ile katalog değerleri ni karşılaştırdınız 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. Aşağıdakilerden hangisi pervane senkronizasyon sisteminin bir komponentidir?
A) Control box
B) Actuator
C) Master governor
D) Hepsi
2. Pulse jeneratörün amacı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Pervaneleri çalıştırmak
B) Pervaneleri karşılaştırmak
C) Pervaneleri durdurmak
D) Pervaneleri yavaşlatmak
3. Pulse jeneratör elektrik sinyalini aşağıdaki komponentlerden hangisine gönderir?
A) Master governor
B) Actuator
C) Faz kontrol ünitesi
D) Control box
4. Pervaneler arası rpm hız farklılığını ortadan kaldıran system aşağıdakilerden hangisidir?
A) Senkronizasyon sistemi
B) Pal sistemi
C) Rotor sistemi
D) Kontrol sisemi
5. Aşağıdakilerden hangisi senkronizasyon sistemi kontrol panali üzerinde bulunur?
A) Indicator lamp
B) Function switch
C) Phasing control
D) Hepsi

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. Önündeki hava kütlesini uçağın hareket yönüne zıt yönde hızlandırmak suretiyle ileri doğru bir çekme kuvvetine dönüştüren aşağıdakilerden hangisidir?
A) Pervane
B) Motor
C) Kompresör
D) Türbin
2. Pervanenin içinde döndüğü düzlemlerle yaptığı açılara ne denir?
A) Ters açı
B) Kesit konum açısı
C) Alçak blade açısı
D) Yüksek blade açısı
3. Kord hattıyla bağlı rüzgârın yönü arasındaki açı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Ters açı
B) Yüksek blade açısı
C) Hücum açısı
D) Alçak blade açısı
4. Şekil veya kimyasal bileşimleri farklı, birbiri içerisinde pratik olarak çözünmeyen iki veya daha fazla sayıda makrobileşenin kombinasyonundan oluşan malzemeler aşağıdakilerden hangisidir?
A) Kompozit malzemeler
B) Alüminyum malzemeler
C) Demir malzemeler
D) Bakır malzemeler
5. Palin yapımında palin her bir inch'i bir istasyondur. Bakımda kaç inch'lik mesafeye tamir maksatları için bir istasyon denir?
A) 12 inch
B) 10 inch
C) 8 inch
D) 6 inch
6. Hücum kenarı ile firar kenarını birleştiren çizgi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Yoke
B) Referans Cord
C) Hatve
D) Flaplama

7. Motor durduğunda otomatik olarak pervaneler hava akımına dik, en az sürüklenme kuvveti oluşturduğu konum aşağıdakilerden hangisidir?
A) Pitch Horn
B) Feathering
C) Drag
D) Swash Plate
8. Paleler üstünde stall'ın oluşma sebebi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Titreşimler ve yüksek mekanik yükler
B) Havanın basıncı
C) Havanın yoğunluğu
D) Havanın sıcaklığı
9. Aşağıdakilerden hangisi pervane senkronizasyon sisteminin bir komponentidir?
A) Control box
B) Actuator
C) Master governor
D) Hepsi
10. Pulse jeneratörün amacı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Pervaneleri çalıştırmak
B) Pervaneleri karşılaştırmak
C) Pervaneleri durdurmak
D) Pervaneleri yavaşlatmak

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	B
3	C
4	A
5	C
6	D

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	A
3	A
4	D
5	C

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	B
3	C
4	A
5	D

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	B
3	C
4	A
5	D
6	B
7	B
8	A
9	D
10	B

KAYNAKÇA

- ŞAHİN Kaya, **Uçaklar ve Helikopterler**, İnkılâp Kitabevi, İstanbul, 1999.
- UYSAL Ali, **Temel Helikopter Teorisi**, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2004.
- BALKAN Demet, **Döner Kanatlı Hava Araçlarının Aerodinamik Performansının Değerlendirilmesi**, İTÜ Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2004.
- ÇINAR Cavit, **Helikopter Aerodinamiği ve Rotor Etrafındaki Akımın Sayısal İncelenmesi**, İTÜ Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2003.
- www.havacilik.gen.tr (20.08.2011/ 13.00)
- www.faa.gov.tr (22.08.2011/ 15.00)