

Okan Üniversitesi MYO

MUTK116

HAVA ARACI ELEKTRONİK ALETLERİ VE DİJİTAL TEKNİKLER

Ders Yürütücüsü:

Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS **1**

MUTK116

Hava Aracı Elektronik Aletleri ve Dijital Teknikler

- **Web Sayfası:** okanuni.eren.xyz
- **Ders Notları:** Sunum Dosyaları + Önerilen Kaynaklar
- **İletişim:** E-Posta >>> eren.kayaoglu@okan.edu.tr

MUTK108 - Elektronik Alet Sistemleri ve DT

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

<http://okanuni.eren.xyz>

Web adresinden indirebilirsiniz.

Konu: Elektronik alet sistemlerinin tipik sistem düzenlemeleri ve kokpit yerleşimi

- Bu derste, uçaklar için çok büyük önem taşıyan uçuş göstergeleri ve aviyonik sistemlerini öğreneceksiniz.
-
- Uçak kokpitinde yer alan gösterge sistemlerinin görevleri, çalışma prensipleri, sökme- takma işlemleri ve bir uçak teknisyeninin bu aviyonik sistem hakkında bilmesi gereken temel bilgiler bu modülde yer almaktadır.

MUTK108 - Elektronik Alet Sistemleri ve DT

Uçuş Alet ve Göstergeleri

A decorative graphic consisting of a solid green horizontal bar at the top, followed by a white horizontal bar, and then three thin, parallel white lines below it, all extending across the width of the slide.

Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

Göstergeler ve Enstrümanlar (Aletler)



Uçuş Aletleri

- Pilotun uçağın irtifasını, tutumunu, hava hızını ve yönünü kontrol etmesine yardımcı olan aletlere uçuş aletleri (*flight instruments*) denir.
- Uçuşun ilk günlerinden bu yana, Şekil'de gösterildiği gibi, gösterge panelinin ortasında bulunan iyi bilinen "T" düzenlemesini oluşturan dört temel uçuş aleti vardır.



Uçuş Aletleri / *Analog Instruments*

Bu dört temel gösterge şunlardır:

- 1) Uçağın hızını saatte deniz mili cinsinden ölçen, sol üstte bulunan ***hava hızı*** göstergesi;
- 2) Uçağın dünyanın ufkuna göre konumunu gösteren, üst ortada bulunan ***ufuk-durum*** göstergesi;
- 3) Barometrik yüksekliği feet cinsinden ölçen, sağ üstte bulunan ***altimetre***;
- 4) Uçağın hangi yöne uçtuğunu gösteren, alt ortada bulunan ***jiroskopik yönlendirme*** göstergesi.

Bu 4 temel uçuş göstergesi, genellikle dönüş eksenindeki dönüş hızını ve sapma eksenindeki yatış miktarını gösteren bir dönüş ve yatış göstergesi ve dakikadaki yükseliş veya alçalış hızını feet cinsinden gösteren bir dikey hız göstergesi ile desteklenir.

Uçuş Aletleri / *Digital Instruments*



Örnek Görsel: Eşdeğer Elektromekanik Uçuş ve Navigasyon Aletleri (solda) 1970'lerin başında dijital elektroniğin ortaya çıkmasıyla birlikte, "cam kokpitler" (*glass cockpit*) olarak da bilinen Elektronik Enstrüman Sistemleri, mekanik veya elektromekanik analog enstrümanlardan çok daha güvenilir hale geldi.

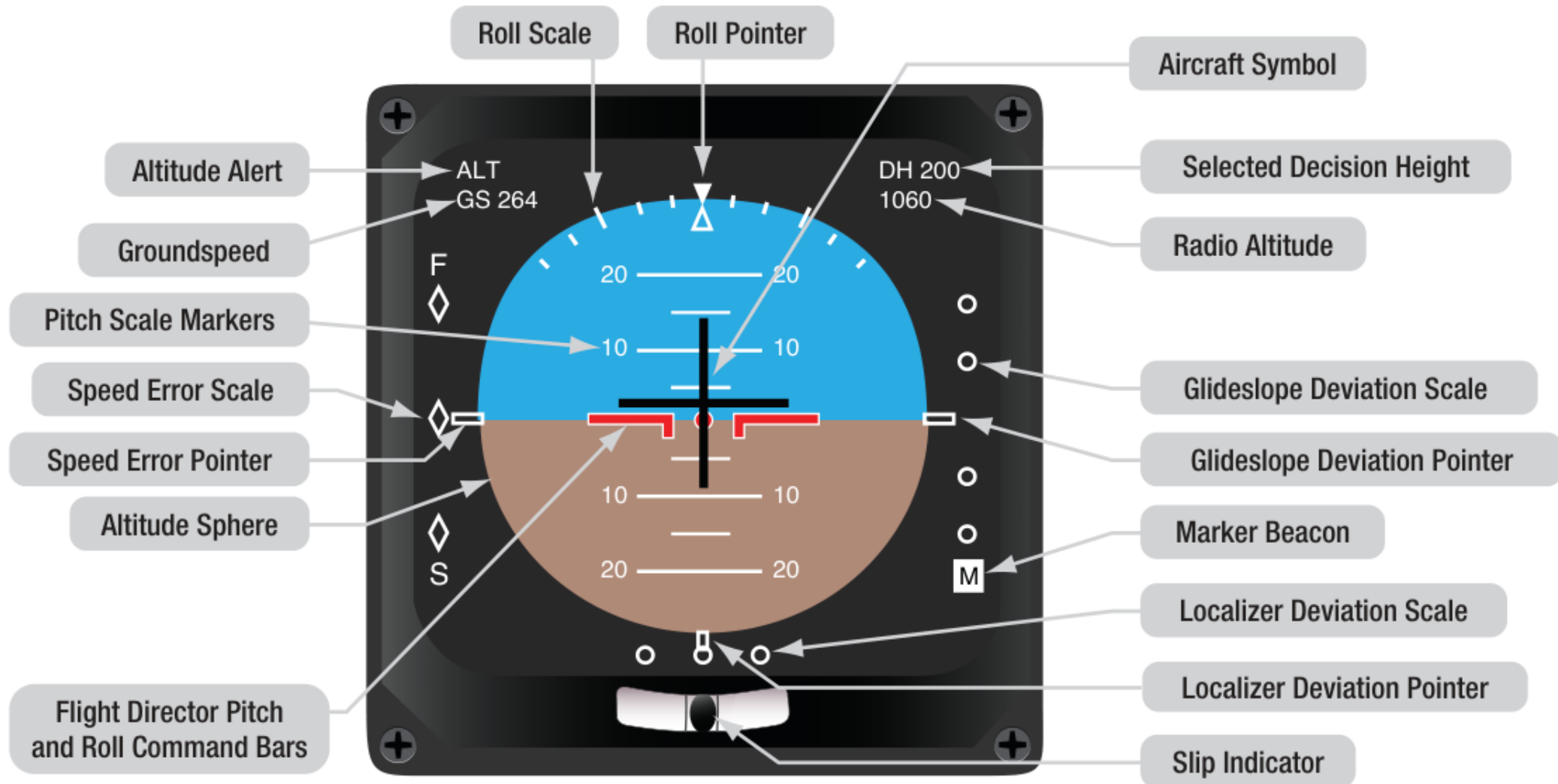
Uçuş Aletleri / *Digital Instruments*

Bu dijital sistemler, mürettebata daha fazla durum farkındalığı sağlamak için birkaç uçuş ve navigasyon fonksiyonunu tek bir ekranda birleştirme avantajına sahiptir.

Uçuş Aletleri / *Digital Instruments*

Tipik bir
EADI:

Electronic
Attitude
Director
Indicator



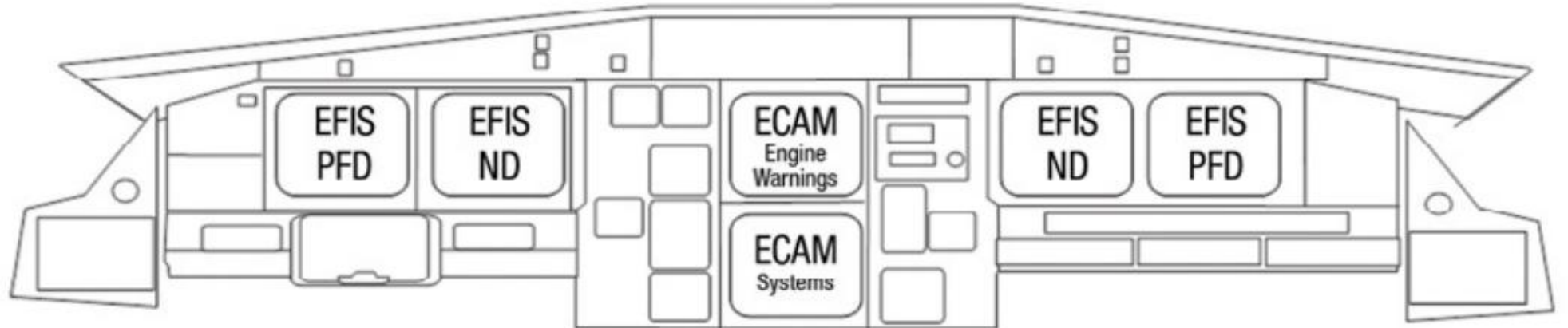
Uçuş Aletleri / *Digital Instruments*

Örnek Görsel:
Airbus A380 EIS
- 8 Büyük LCD
Ekranlı



Uçuş Aletleri

*Örnek
Görsel:*
Boeing 777
Elektronik
Gösterge
Sistemi
(EIS) 6 LCD
ekrana
sahiptir.



MUTK108 - Elektronik Alet Sistemleri ve DT

Uçuş Alet ve Göstergeleri

Ölçüm Araçları (*Probes*)

Ölçüm Araçları ve Sensörler

- Hava Hızı Ölçümü
 - Pitot Tüpü
 - Pitot Statik Sistemi
- TAT Sensörü
 - Sıcaklık Sensörü
- AOA Sensörü
 - Hücüm Açısı Sensörü

MUTK108 - Elektronik Alet Sistemleri ve DT

Ek Bilgi:

Hava Hızı (AirSpeed)

Operasyon Hızları / Hava Hızı

- **Gösterge Hava Hızı (Indicated Airspeed – IAS)**

Hava hızı göstergesinden okunan irtifa ve hava sıcaklığı gibi etkenlere karşı düzeltilmemiş hız değeridir.

- **Kalibre Hava Hızı (Calibrated Airspeed – CAS)**

Uçağın hücum açısı, flap konfigürasyonları, yer etkisinin varlığı veya yokluğu, rüzgâr yönü gibi uçuşu etkileyen parametreler özellikle statik basıncın ölçümünde hatalara neden olur. Kalibre hava hızı, uçağın pitot statik sistem tarafından meydana gelen pozisyon ve alet hatalarının düzeltilmesi ile elde edilen hava hızıdır.

- **Eşdeğer Hava Hızı (Equivalent Airspeed –EAS)**

Uçağın ilgili irtifa için adyabatik sıkıştırılabilir akış düzeltmesi yapılmış kalibre hava hızıdır. Eşdeğer hava hızı standart atmosferde, deniz seviyesinde kalibre hava hızına eşittir.

- **Gerçek Hava Hızı (True Airspeed – TAS)**

Uçak hareketini hava kütlesi içerisinde yaparken, hava da yere göre hareket etmektedir. Uçağın bozulmamış havaya göre hızı olan gerçek hava hızı, 'Eşdeğer Hava Hızı'nın yoğunluk düzeltmelerinin yapılmasıyla elde edilir. Gerçek hava hızı eşdeğer hava hızının izafi hava yoğunluğunun kareköküne bölümüne eşittir.

- **Yer Hızı (Ground Speed - GS)**

Uçağın yere göre olan hızıdır. Gerçek hava hızında rüzgâr düzeltmesi yapılmasıyla elde edilir.

Operasyon Hızları

Hava Hızı

Gösterge Hava Hızı

- (Indicated Airspeed – IAS)

Kalibre Hava Hızı

- (Calibrated Airspeed – CAS)

Eşdeğer Hava Hızı

- (Equivalent Airspeed –EAS)

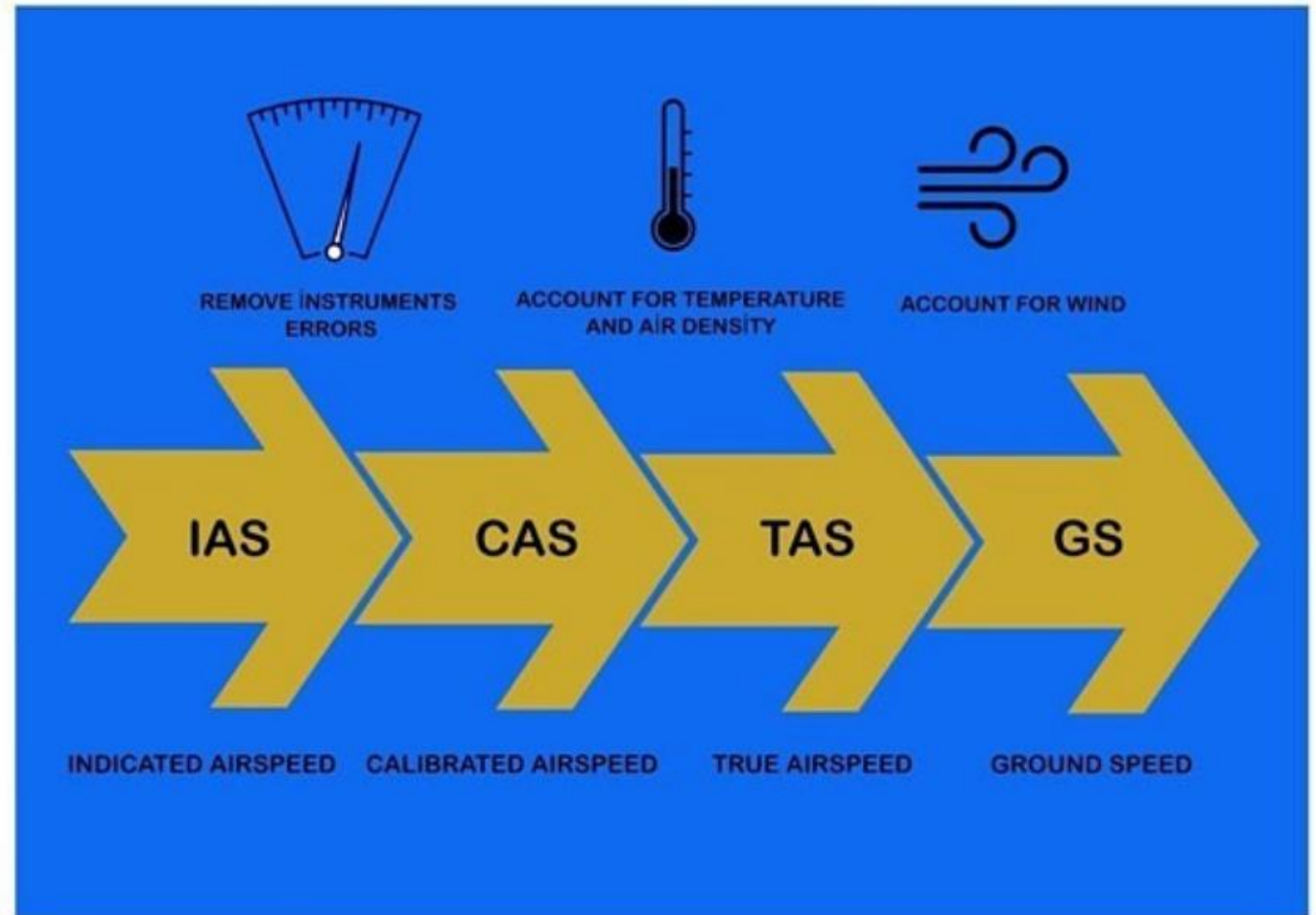
Gerçek Hava Hızı

- (True Airspeed – TAS)

Yer Hızı

- (Ground Speed - GS)

IAS – CAS – EAS – TAS – GS - Speed Definitions



EAS: Equivalent airspeed (EAS) is defined as the speed at sea level, under ISA conditions, that would produce the same incompressible dynamic pressure that is produced at the true airspeed and the altitude at which the vehicle is flying.

Hava Hızı / *Pitot-Static Tube*

- **Pitot-statik sistem**, bir sıvının hızındaki artışın aynı anda sıvının basıncında düşüşe veya sıvının potansiyel enerjisinde azalmaya neden olması gerektiğini belirten **Bernoulli Denklemi** ilkesine göre çalışır:

The diagram illustrates Bernoulli's equation, showing the sum of three energy components equals a constant. The components are:

- Static Pressure** (Pressure Energy): P
- Dynamic Pressure** (Kinetic Energy): $\frac{\rho}{2} V^2$
- Hydrostatic Pressure** (Potential Energy): $\rho g h$

The equation is: $P + \frac{\rho}{2} V^2 + \rho g h = \text{constant}$

Labels and arrows indicate the variables in the equation:

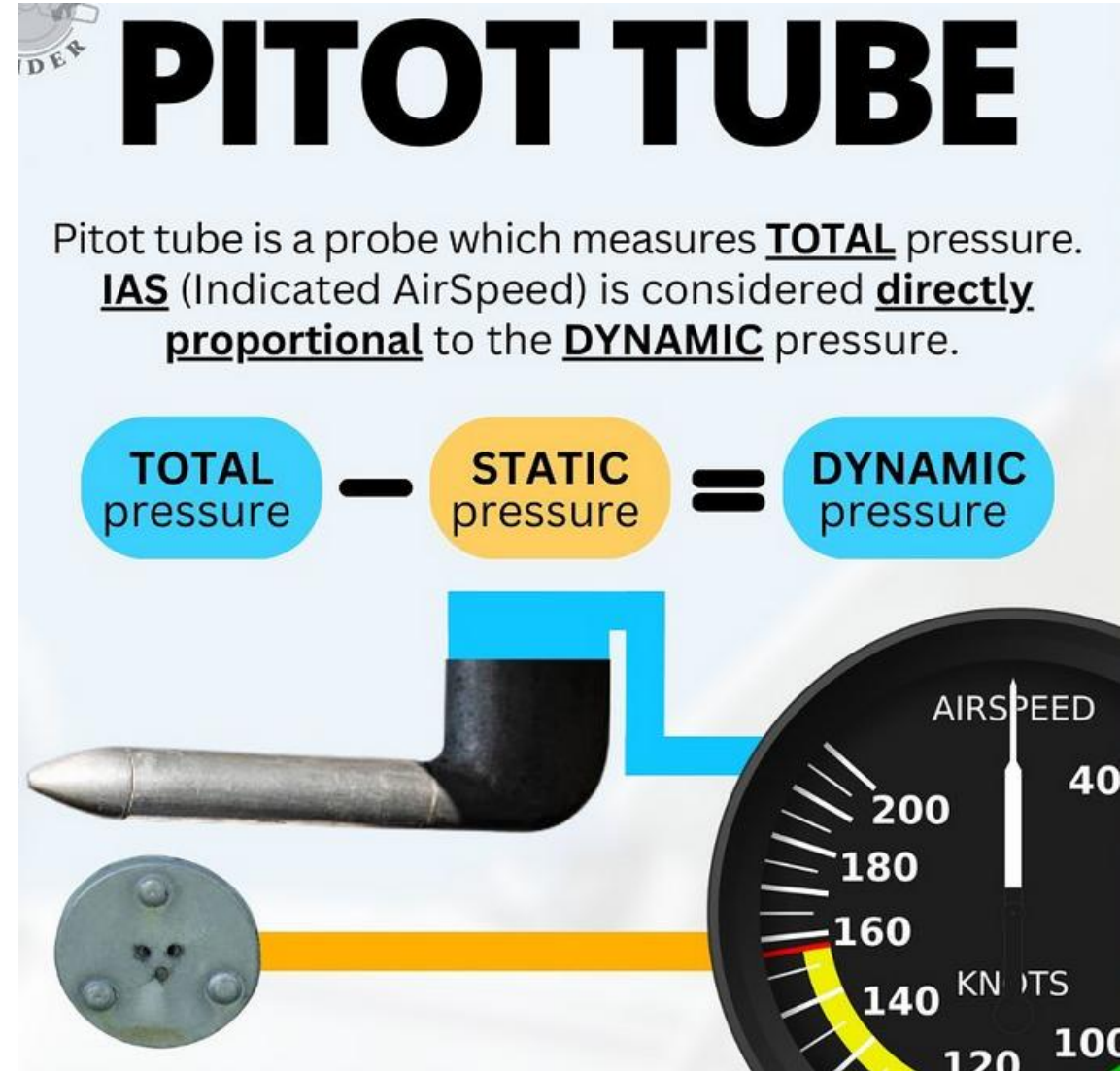
- Fluid Pressure** points to P .
- Static Pressure** is written above P .
- Pressure Energy** is written below P .
- Density** points to ρ in the dynamic pressure term.
- Dynamic Pressure** is written above the dynamic pressure term.
- Kinetic Energy** is written below the dynamic pressure term.
- Velocity** points to V in the dynamic pressure term.
- Hydrostatic Pressure** is written above the hydrostatic pressure term.
- Potential Energy** is written below the hydrostatic pressure term.
- Elevation** points to h in the hydrostatic pressure term.
- Gravitational Acceleration** points to g in the hydrostatic pressure term.

Hava Hızı / *Pitot-Static Tube*

- Toplam basınçtan statik basıncın çıkarılması ile bulunan dinamik basınç değeri hava hızının belirlenmesinde kullanılır.

PITOT TUBE

Pitot tube is a probe which measures **TOTAL** pressure. **IAS** (Indicated AirSpeed) is considered **directly proportional** to the **DYNAMIC** pressure.

$$\text{TOTAL pressure} - \text{STATIC pressure} = \text{DYNAMIC pressure}$$


The diagram illustrates the components and operation of a Pitot-Static probe. It shows a probe with a sharp tip and a side port. A blue line connects the tip to a gauge, and a yellow line connects the side port to another gauge. The gauge on the right is an airspeed indicator with a needle pointing to 40 knots. The gauge on the left is a static pressure gauge. The probe is shown in a cross-section view, highlighting the internal ports for total and static pressure measurement.

Hava Hızı / *Indicated Airspeed*

- Belirtilen hava hızı, pilotların hava hızı göstergesinde (AirSpeed Indicator - ASI) gördüğü hava hızı okumasıdır ve uçaktaki **pitot-statik sistem** tarafından yönlendirilir. Sistem, bir hava hızı okumasına dönüştürülen dinamik basıncı belirlemek için toplam basınç (pitot probu tarafından ölçülen) ve statik basınç (statik portlar tarafından ölçülen) arasındaki farkı kullanır.

$$P_{Static} + P_{Dynamic} = P_{Total}$$

$$P_{Static} + \cancel{\rho gh} + \frac{1}{2}\rho V^2 = P_{Total}$$

↑
Static Pressure

↑
Dynamic Pressure

↑
Total Pressure

ρgh : Change in height along the streamline is negligible.

ρ : Air density.

V : Aircraft velocity (airspeed).

Kaynak: <http://aerotoolbox.com/airspeed-conversions/>

Hava Hızı / *Indicated Airspeed*

- Toplam basınç (durgunluk basıncı veya pitot basıncı olarak da bilinir) pitot probu ile ölçülür. Hareketli hava sondaya girer ve sondanın geometrisi tarafından hareketsiz hale getirilir. Ölçülen statik basınç, uçağın mevcut irtifasındaki havanın barometrik basıncı olan durgun havanın ortam basıncıdır. Statik basınç sadece hava hızını hesaplamak için değil aynı zamanda uçuş sırasında irtifa (altimetre) ve dikey hızı (vertical speed - VSI) hesaplamak için kullanılır. Statik portlar her zaman aynı hizada kurulur, bu da port açıklığının havanın hareket etmediği sınır tabakasının içinde olmasını sağlar. Bu nedenle hava hızı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$IAS = \sqrt{\frac{2 (P_{TOTAL} - P_{STATIC})}{\rho_0}}$$

IAS: Indicated Airspeed

ρ_0 : Density of Air in Standard Atmosphere (1.225 kg/m³)

Kaynak: <http://aerotoobox.com/airspeed-conversions/>

Hava Hızı / *Indicated Airspeed*

- Paydadaki yoğunluk terimi sabit değildir; irtifa ve sıcaklığa göre değişir. Ancak kokpitteki hava hızı göstergesi her zaman **standart bir günde deniz seviyesi yoğunluğuna** göre kalibre edilir (standart atmosfer). Bu nedenle, uçak daha yüksek irtifalarda ve farklı sıcaklıklarda uçtuğu için gerçek hava hızı (gerçek hava hızı) belirtilen hava hızından önemli ölçüde değişecektir.
- Kokpitte IAS kullanmanın en büyük avantajı, irtifa veya ortam sıcaklığından bağımsız olarak uçağın her zaman aynı belirtilen hava hızında (belirli bir uçak konfigürasyonu için) stall olacak olmasıdır. Bu, çalışma zarfını tanımlayan kritik hızlar, ortam koşullarından bağımsız olarak aynı kaldığından, bir pilotun uçağı uçurmasını çok daha kolay hale getirir.

$$IAS = \sqrt{\frac{2 (P_{TOTAL} - P_{STATIC})}{\rho_0}}$$

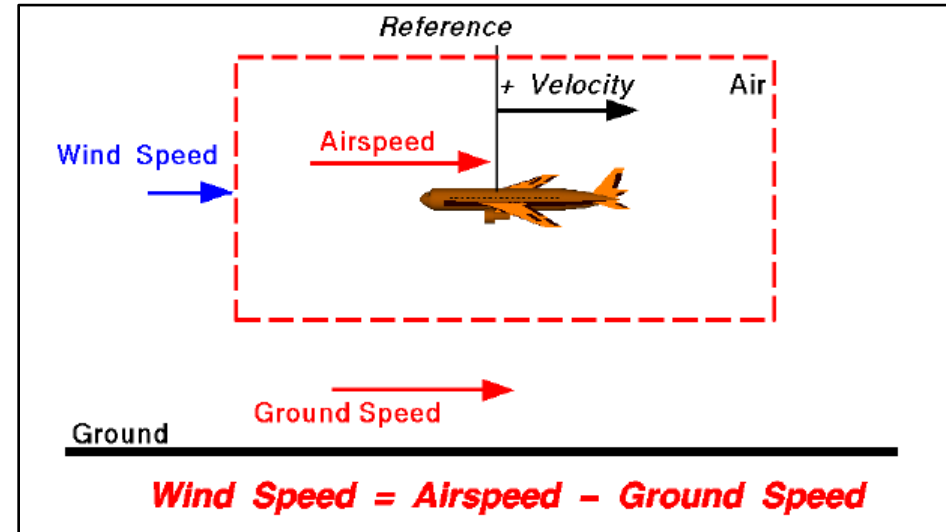
IAS: Indicated Airspeed

ρ_0 : Density of Air in Standard Atmosphere (1.225 kg/m³)

Kaynak: <http://aerotoolbox.com/atmcalc/>

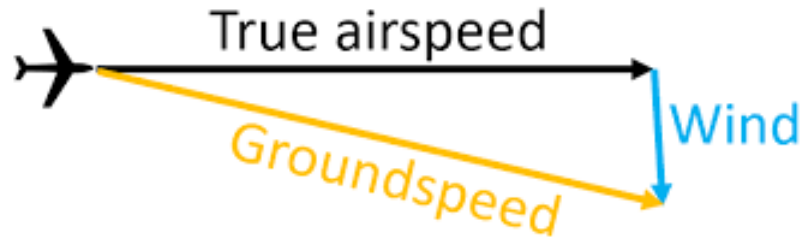
Hava Hızı

- Aerodinamik kuvvetler, havada hareket eden bir nesne tarafından üretilir. Örneğin aerodinamik taşıma (kaldırma), nesne ile hava arasındaki hızın karesine bağlıdır.
- Sadece nesnenin havada hareket etmemesi, aynı zamanda havanın kendisinin de hareket etmesi kafa karıştırıcı olabilir. Hızı doğru bir şekilde tanımlamak için sabit bir referans noktası seçmek ve sabit noktaya göre hızları ölçmek gerekir.

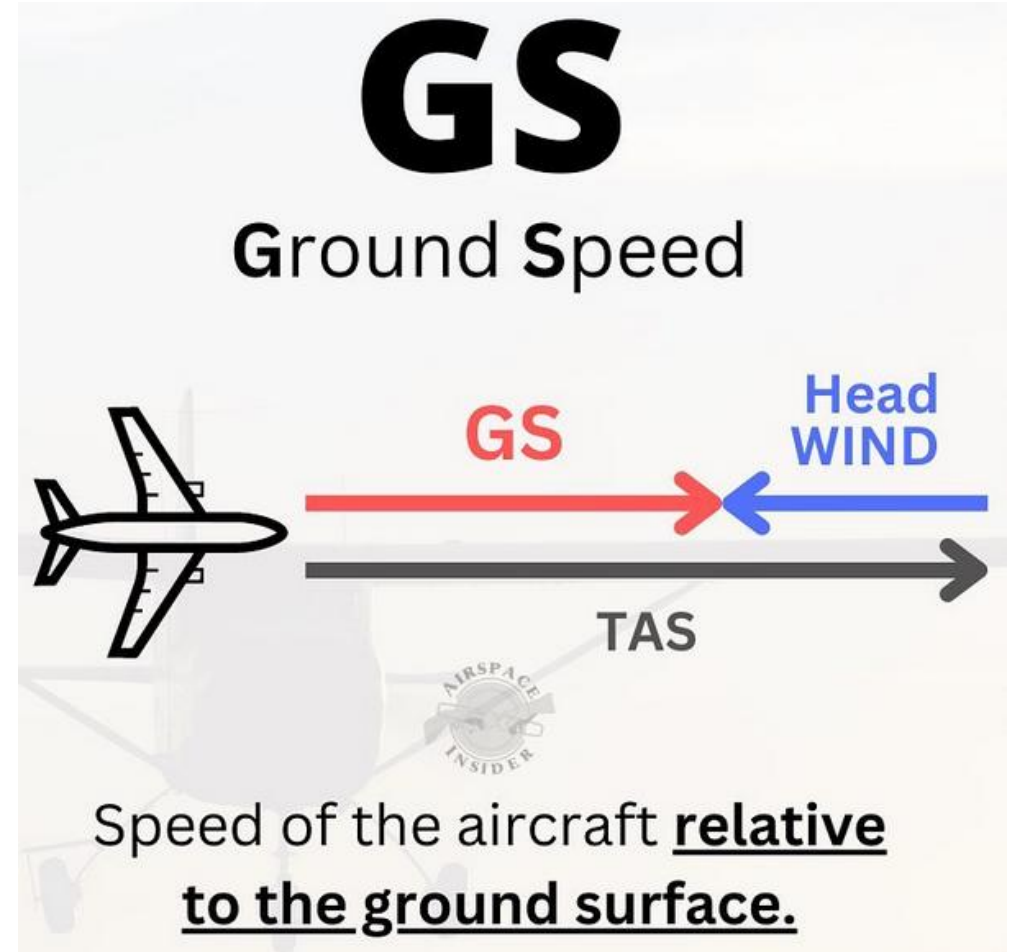


Hava Hızı

- Uçak ile hava arasındaki bağıl hız önemlidir.
- Örneğin, uçak gidiş yönüne zıt yönde bir baş rüzgarı varsa (*head wind*), göstergedeki hava hızından rüzgar hızını çıkarıp yer hızını (*GS*) bulabiliriz.
- Hava hızı vektörel bir büyüklüktür ve hem şiddeti hem de yönü vardır.



- Yer hızı, Gerçek Hava Hızı (TAS) ve rüzgar hızının vektörel toplamıdır.



Hava Hızı

What actually differs **TAS** from **IAS** which is displayed on a typical Airspeed Indicator?

If the density of air molecules was everywhere the same, TAS would simply equal IAS at all times.

However, as we climb higher (or when temperature rises), there are less and less air molecules.

And then, although the aircraft flies with the same speed, less pressure is created (less air molecules enters the pitot tube), and the typical ASI would display smaller speed.

That's why we use TAS to correct for those errors.



- Gerçek hava hızı, uçağın içinde hareket ettiği hava kütesine göre olan hızıdır.
- TAS ve IAS değerlerinin eşit olmama nedeni, irtifa ve sıcaklık değişimlerine bağlı olarak hava basıncı ve havadaki molekül sayısının değişmesi; molekül sayısının azalmasıyla pitot tüpüne giren molekül miktarının azalması ve ASI 'nin bundan ötürü daha küçük değer göstermesidir.
- IAS değerinin düzeltilmesi ile TAS değeri elde edilir.

TAS

True AirSpeed

Speed of the aircraft relative to the airmass through which it is flying.



MUTK108 - Elektronik Alet Sistemleri ve DT

Ek Bilgi:

Mach Sayısı (Mach Number)

Mach Sayısı

- Hava araçlarının hızlarının ölçümünde alışlagelen, mesafenin zamana oranı şeklindeki hız birimlerinden farklı olarak Mach sayısı adı verilen bir birim de kullanılır.
- Mach sayısı hava aracının hızının, aracın içinde uçtuğu atmosfer ortamındaki ses hızına oranı ile ifade edilen **boyutsuz bir hız birimidir**.
- Örneğin hava aracı ses hızının 589 kn olduğu 30.000 ft yükseklikte, 500 kn hız ile uçuyorsa, aracın Mach sayısı $500/589 = 0,85$ olur.
- Mach sayısı bağıl bir ölçü birimidir.

Mach Sayısı

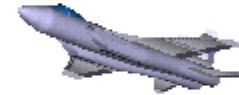
- Bağıl bir ölçü birimidir.
- Objenin hava hızının yerel ses hızına oranıdır.

$$\text{ratio} = \frac{\text{Object Speed}}{\text{Speed of Sound}} = \text{Mach Number}$$

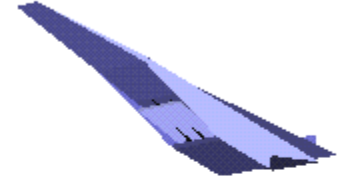


Subsonic
Mach < 1.0

Transonic
Mach = 1.0



Supersonic
Mach > 1.0

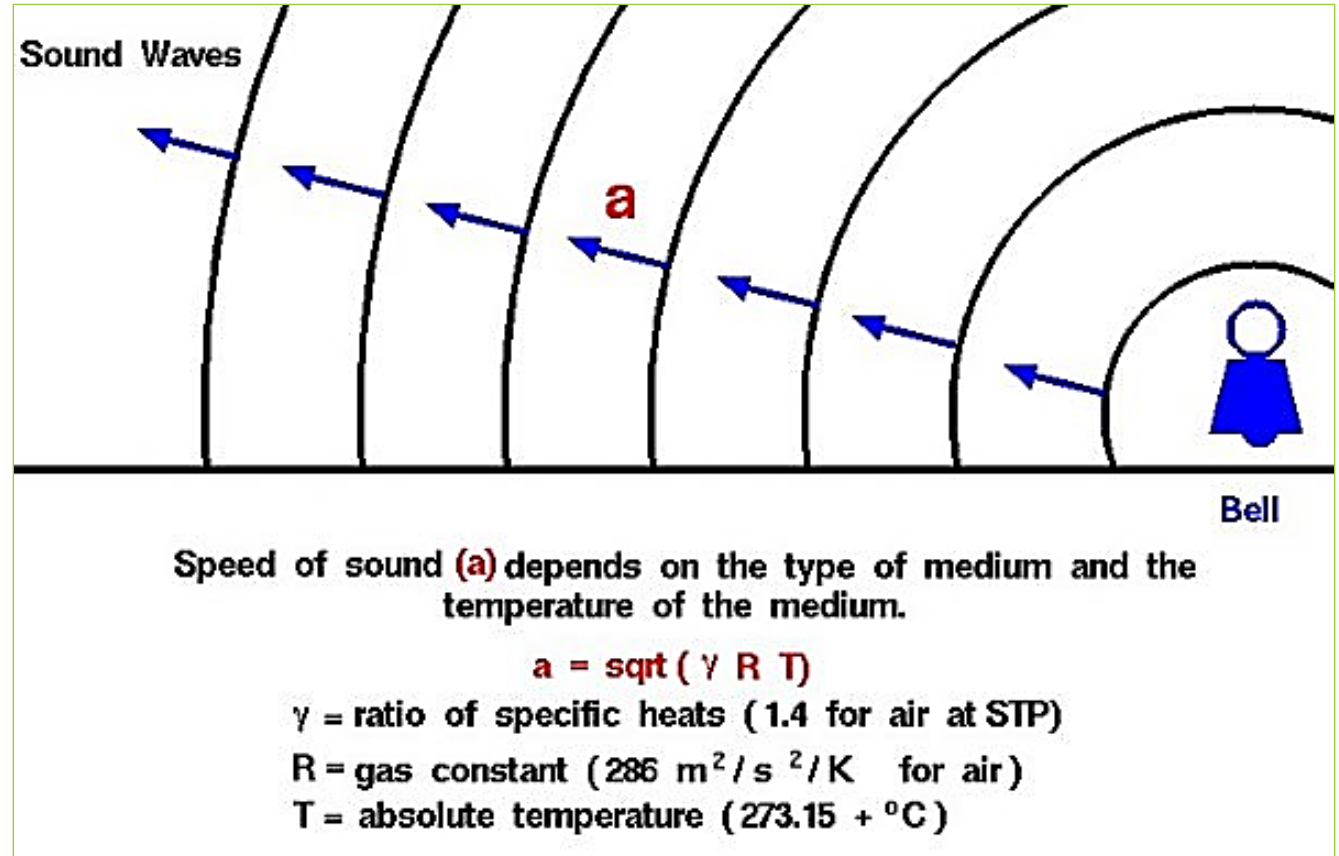


Hypersonic
Mach > 5.0

Mach Sayısı / Ses Hızı

$$a = \sqrt{\gamma RT}$$

- Belirli bir gaz içinde sesin hızı sabittir; sabitin değeri gazın türüne (hava, saf oksijen, karbondioksit vb.) ve gazın sıcaklığına bağlıdır.
- Kütle ve momentumun korunumuna dayalı bir analiz, ses hızının (a), özgül ısıların oranı gama (γ) ile gaz sabiti (R) ve sıcaklık (T [°K]) çarpımının kareköküne eşit olduğunu göstermektedir.



Mach Sayısı

- Mach sayısı iki hızın oranı olarak tanımlandığından boyutsuz nicelikte bir sayıdır. Mach sayısı 0,2-0,3 değerlerinden küçük ve akış yarı sabit ve izotermal ise, sıkıştırılabilirlik etkileri küçük olacaktır ve basitleştirilmiş sıkıştırılmaz akış denklemleri kullanılabilir.



Mach Sayısı

- Örneğin, deniz seviyesinde, 1 atm basınçta ve 15°C hava sıcaklığında 1 Mach = 1226,5 km/saat (340 metre/saniye) olarak belirtilir. (Yerdeki ses hızı yüksek irtifalara oranla daha yüksek değerdedir.)
- Yerden yükseldikçe hava sıcaklığı düşer. Deniz seviyesinden 11 km yüksekliğe kadar (Stratosfer sınırına kadar) olan atmosfer tabakasına troposfer adı verilir. **Ses hızının karesi hava sıcaklığı ile doğru orantılı olarak değiştiğinden, yerden yükseldikçe ses hızı azalır.** Buna bağlı olarak da o yükseklikteki mach sayısı deniz seviyesine göre daha az olur.
- Örneğin, Stratosfer sınırında 11.000 metrede 1 Mach = 1062,2 km/saattir.

Kaynak: https://tr.wikipedia.org/wiki/Mach_say%C4%B1s%C4%B1

Mach Sayısı – İrtifa Tabloları

- Tablo Metrik Sistemdedir ve - 4.000 m'den 122.000 m'ye kadar olan yükseklikler için ses hızını 2.000 m'lik artışlarla saatte kilometre (km/h), saniyede metre (m/s) ve knot (kts) cinsinden göstermektedir.

Speed of Sound Values in the Atmosphere of Earth

	altitude	Mach 1			
		1000 m	km/h	m/s	kts
Troposphere	-4	1279.2	355.3	690.7	
	-2	1252.4	347.9	676.2	
	0	1225.0	340.3	661.5	
	2	1197.1	332.5	646.4	
	4	1168.5	324.6	631.0	
	6	1139.2	316.5	615.1	
	8	1109.2	308.1	598.9	
	10	1078.3	299.5	582.2	
	Tropopause	12	1062.3	295.1	573.6
		14	1062.3	295.1	573.6
16		1062.3	295.1	573.6	
18		1062.3	295.1	573.6	
Stratosphere	20	1062.3	295.1	573.6	
	22	1067.0	296.4	576.1	
	24	1071.8	297.7	578.7	
	26	1076.6	299.1	581.3	
	28	1081.4	300.4	583.9	
	30	1086.2	301.7	586.5	
	32	1090.9	303.0	589.0	
	34	1103.4	306.5	595.8	
	36	1116.4	310.1	602.8	
	38	1129.2	313.7	609.7	
Strato-s	40	1141.9	317.2	616.6	
	42	1154.4	320.7	623.3	
	44	1166.8	324.1	630.0	
	46	1179.1	327.5	636.6	
	S-p	48	1187.3	329.8	641.1
		50	1187.3	329.8	641.1
	Mesosphere	52	1183.7	328.8	639.2
		54	1171.5	325.4	632.6
		56	1159.2	322.0	625.9
		58	1146.8	318.6	619.2
60		1134.3	315.1	612.4	
62		1121.6	311.6	605.6	
64		1108.8	308.0	598.7	
66		1095.8	304.4	591.7	
68		1082.7	300.8	584.6	
70		1069.4	297.1	577.4	
Thermosphere	72	1056.4	293.4	570.4	
	74	1046.7	290.8	565.2	
	76	1036.9	288.0	559.9	
	78	1027.1	285.3	554.6	
	80	1017.1	282.5	549.2	
	82	1007.1	279.8	543.8	
	Mes-p	84	997.0	276.9	538.3
		86	986.5	274.0	532.8
		88	986.5	274.0	532.8
		90	986.5	274.0	532.8
Thermosphere		92	986.8	274.1	532.8
		94	988.8	274.7	533.9
		96	992.9	275.8	536.1
		98	999.3	277.6	539.6
		100	1008.0	280.0	544.3
		102	1019.4	283.2	550.4
	104	1034.1	287.2	558.4	
	106	1053.0	292.5	568.6	
	108	1078.4	299.6	582.3	
	110	1082.8	300.8	584.6	
112	1087.1	302.0	587.0		
114	1091.4	303.2	589.3		
116	1095.8	304.4	591.7		
118	1100.1	305.6	594.0		
120	1104.5	306.8	596.4		
122	1108.8	308.0	598.7		
124	-	-	-		
126	-	-	-		

Kaynak:

<https://aerospacweb.org/question/atmosphere/q0112.shtml>

Mach Sayısı – İrtifa Tabloları

Atmosfer katmanlarında yukarı çıktıkça ses hızının değişimi:

- Azalan sıcaklık (mavi), sabit sıcaklık (yeşil) ve artan sıcaklık (kırmızı) bölgelerine bölünmüştür.

Atmospheric Region	Altitude			Speed of Sound Behavior
	miles	1000 feet	kilometers	
Exosphere	310.7	1640.4	500.0	Undefined
Thermosphere	55.9	295.3	90.0	Increasing
Mesopause	53.4	282.2	86.0	Constant
Mesosphere	31.9	168.7	51.4	Decreasing
Stratopause	29.4	155.3	47.4	Constant
Stratosphere	12.5	65.8	20.1	Increasing
Tropopause	6.8	36.2	11.0	Constant
Troposphere		sea level		Decreasing

Kaynak: <https://aerospaceweb.org/question/atmosphere/q0112.shtml>

Mach Sayısı – İrtifa İlişkisi ($V = M \cdot a$)

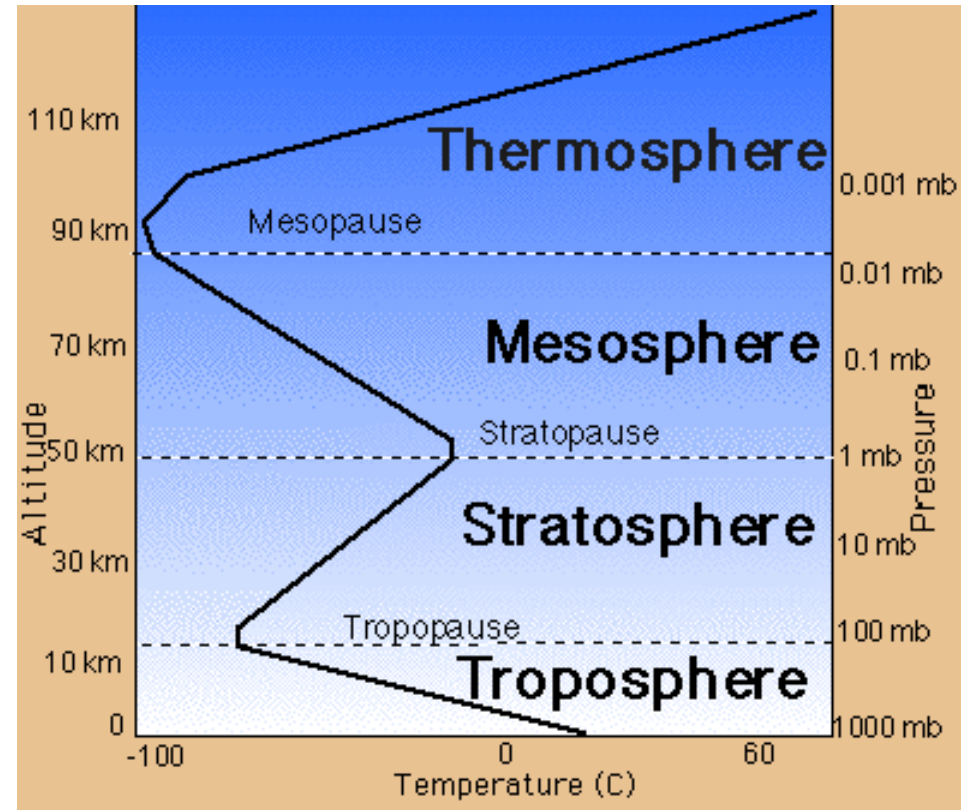
Atmosferin katmanları boyunca sıcaklığın değişimi:

- Herhangi bir irtifadaki (*altitude*) ses hızının katlarını bilmek istiyorsak, seçilen irtifadaki Mach 1 değerini istenen Mach sayısı ile çarpmak yeterlidir. Örneğin, deniz seviyesindeki Mach 5; 0 ft (0 m) yükseklikteki Mach 1 değerinin 5 katıdır. $Mach\ 5(SL) = 5 * (340,3\ m/s) = 1701,5\ m/s$

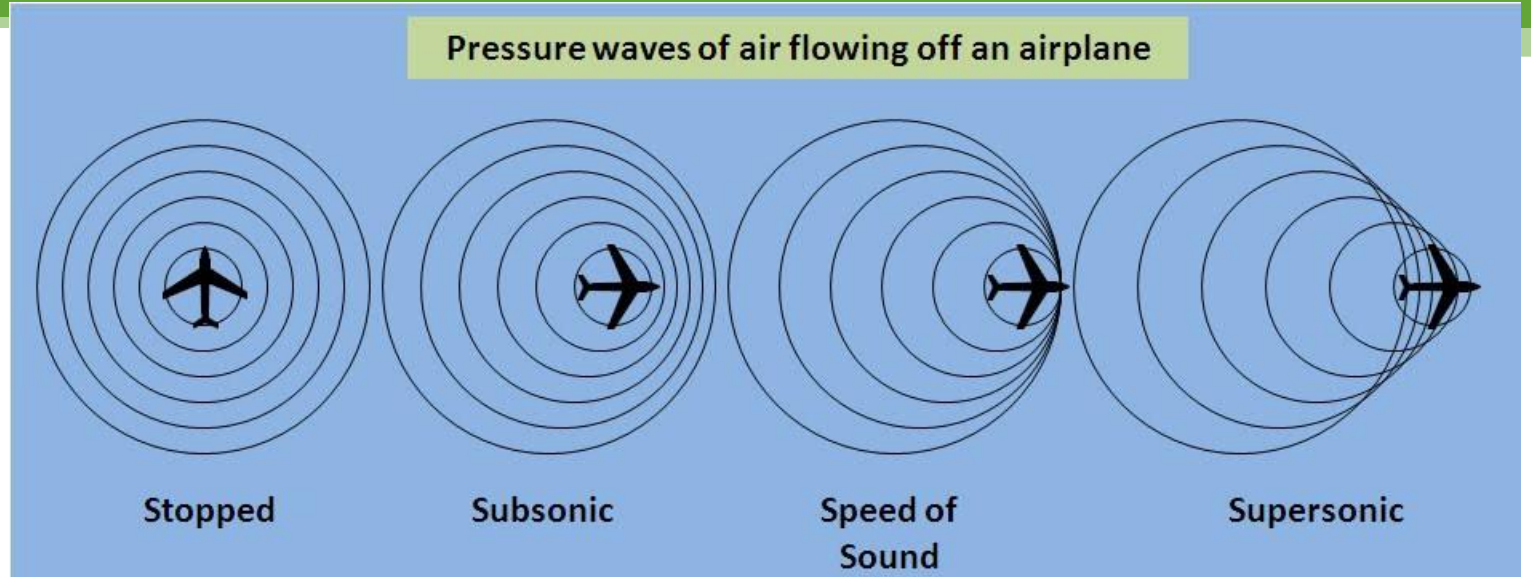
$$M = \frac{V}{a}$$

$$V = M \cdot a$$

Kaynak: <https://aerospaceweb.org/question/atmosphere/q0112.shtml>



Mach Sayısı



- Mach sayısı, Avusturyalı fizikçi ve filozof Ernst Mach'ın adını taşır ve 1929'da havacılık mühendisi Jakob Ackeret tarafından önerilmiştir. Mach sayısı ölçü birimi yerine boyutsuz nicelik olduğundan, sayı birimden sonra gelir; iki birim Mach, 2 Mach yerine Mach 2'dir. (Ancak Türkçe kullanımında bu detay atlanarak 2 Mach olarak kullanıldığı görülebilir.)
- Ses altı ve süpersonik terimleri, en saf anlamıyla, sırasıyla sesin yerel hızının altındaki ve üzerindeki hızlara atıfta bulunurken, aerodinamikçiler genellikle Mach değerlerinin belirli aralıkları hakkında konuşmak için aynı terimleri kullanırlar.

Mach Sayısı / Hava Hızı

- Teorik olarak pilotların 28.000 feet'e ulaştıklarında hızın nasıl ölçüleceğini değiştirmelerine gerek yoktur. Belirtilen hava hızı geçerli bir ölçüm olmaya devam etmektedir ve hâlâ uçağın aerodinamik performansı için iyi bir genel göstergedir.
- Mach ölçeğine geçişin önemi, uçağın ses hızına göre ne kadar hızlı hareket ettiğini anlamak için daha kesin bir ölçüme sahip olmaktır.
- Uçakların tasarlanma şekli nedeniyle, uçağın hızı çok altında olsa bile kanadın bazı kısımları ses duvarına yakın olabilir veya onu aşabilir. Ticari bir uçakta ses hızına çok yakın uçmak çok büyük aerodinamik dirençler yaratır ve bunu yapmak genellikle güvenli değildir. Üreticiler bu nedenle Mmo adı verilen bir hız veya maksimum Mach operasyon hızı belirler. Bu hızın aşılması durumunda kanadın bazı kısımları Mach 1'e yaklaşabilir ve yapısal sorunlar yaşayabilir.

Mach Sayısı / Hava Hızı

- Belirtilen hava hızından Mach hızına geçiş genellikle 27.000 ila 28.000 feet (8534 m) arasında gerçekleşir çünkü burası iki hızın kesiştiği yerdir.
- Daha düşük irtifadaki bir uçak, daha yoğun havada çok daha fazla dirençle karşılaşır. Dolayısıyla o yükseklikte yapısal sınırları aşmadan ses hızına yakın herhangi bir yerde hızlanamaz.
- Yaklaşık 28.000 feet'te hava yoğunluğu, Mach ölçüm değerinin yapısal bütünlüğü korumaya ilişkin daha doğru veri sağlanmasına yetecek kadar düşüktür.

Mach Sayısı / Ses Hızı

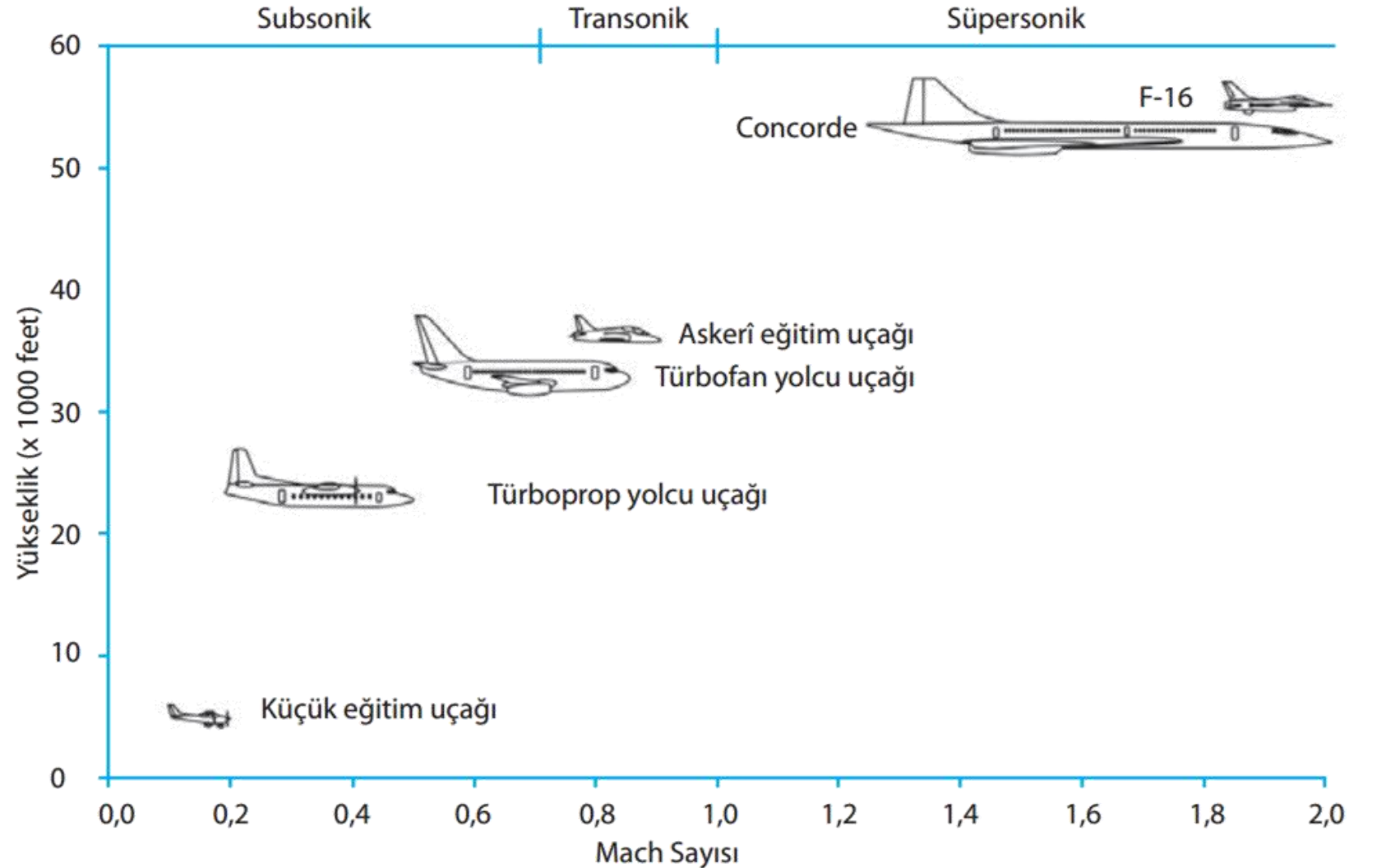
- Mach sayısının hesaplanması:

$$M = \frac{V}{c} = \frac{\text{Uçağın hava hızı}}{\text{Ses hızı}}$$

- **Ses hızı**, sesin içinde bulunduğu ortamdaki (irtifadaki) yayılma hızıdır.
- Ses, sesi çıkaran cismin içinde bulunduğu ortama uyguladığı basınçtır.

Mach Sayısı / Ses Hızı

- Uçakların Mach sayıları ve uçuş yükseklikleri



Mach Sayısı / Uçuş Hızı

	(Mach)	(knots)	(mph)	(km/h)	(m/s)
Sesaltı	<0,8	<530	<609	<980	<273
Transonik	0,8 –1,2	530 –794	609 –914	980–1,470	273–409
Süpersonik	1,2–5,0	794-3.308	915-3.806	1.470–6.126	410–1.702
Hipersonik	5,0–10,0	3.308–6.615	3.806–7.680	6.126–12.251	1.702–3.403

Hava Hızı Ölçümü

- Pitot-Statik Sistem

Hava Hızı Ölçümü

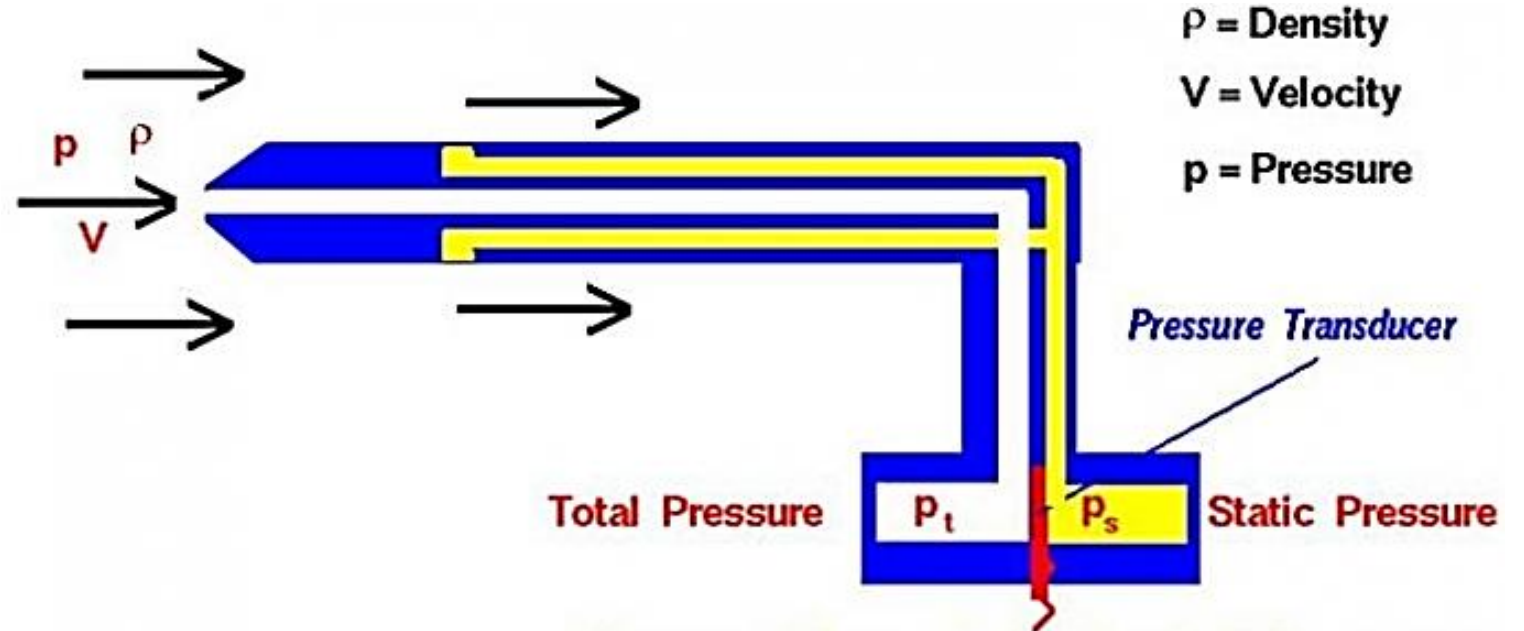
- Hava araçlarında **hız ölçümü için kullanılan sistemlerden biri de pitot-statik sistem**dir. Sistem, hava aracının maruz kaldığı hava basıncını ölçmek amacıyla kullanılan bir **pitot tüpü** ve statik hava basıncını ölçmek amacıyla kullanılan **statik portlardan** oluşur.
- Sistemin çalışma prensibi, pitot tüpünde ölçülen basınç değerinin sürat saatine iletilmesine dayanır. İletilen bu basınç değeri dinamik hava basıncı veya çarpma basıncı olarak adlandırılır.
- Statik portlar çoğunlukla uçak gövdesinin yan tarafına yerleştirilir. Statik portlar atmosfer basıncının asgari bozulmayla ölçülmesinde kullanılır. Ölçülen bu atmosfer basıncı değeri, doğrudan kokpitte bulunan hava sürati göstergesi, dikey sürat göstergesi ve altimetre gibi çeşitli göstergelere iletilir.

Hava Hızı Ölçümü / Pitot Tüpü

- Pitot tüpü, statik ve dinamik basınç ölçümünde kullanılır. (Pitot-Static Tube / Prandtl Tube)
- Ölçülen dinamik basınç, hız ile orantılı olduğundan hava hızı ölçümünde de kullanılır.

(Kaynak: NASA GRC web site

<https://www1.grc.nasa.gov/beginners-guide-to-aeronautics/pitot-static-tube-speedometer/>)



Bernoulli's Equation:

static pressure + dynamic pressure = total pressure

$$\left(p_s + \rho \times \frac{V^2}{2} \right) = p_t$$

Solve for Velocity:
$$V^2 = \frac{2(p_t - p_s)}{\rho}$$

Measure difference in total and static pressure

Hava Hızı Ölçümü / Pitot Tüpü ve Statik Port



- *Örnek Görsel:* Pitot tüpleri (a) ve statik portların (b) uçak üzerindeki yerleri

Ölçüm Araçları (*Probes & Sensors*)

- Uçaklara takılan tüm sensörler uçuş aletleri (*flight instruments*) içindir. Bunlara takometreler, motor sıcaklık göstergeleri, yakıt ve yağ miktarı göstergeleri, basınç göstergeleri, altimetreler, hava hızı ölçüm göstergeleri, dikey hız göstergeleri ve diğerleri dahildir.
- Yer testleri, uçuş testleri, titreşim, çevre, hücum açısı (AoA) ve statik sensörler bulunmaktadır.
- Ayrıca doppler radarları, yıldırım tespit radarları, arazi radarları, çarpışma önleyici uyarı sistemleri ve perdövites (*stall*) uyarı sistemleri de bulunmaktadır.
- Bu aletlerin ve kontrol sensörlerinin çoğu, kokpit göstergelerine ek sinyaller göndererek pilotları uygun eylem ve önlem almaları ve her türlü felaket veya kazayı önlemeleri konusunda bilgilendirir.

Ölçüm Araçları (*Probes & Sensors*)

- Uçak bilgisayar sistemleri, hava sıcaklığı problemleri, hücum açısı problemleri ve pitot-statik basınç sistemleri dahil olmak üzere çeşitli sensörlerden veri alır. Bu bilgisayarlar, bu sensörlerden gelen girdileri işler, telafi edici faktörleri uygular ve bilgileri kokpitteki ekranlara iletir. Pilotlar kokpitten sürekli olarak motorların ve ortamın durumunu izler.
- Farklı ticari uçaklar için binlerce sensör bulunmaktadır. Farklı nesil uçaklar, yüzlerce model ve marka, çok geniş ve kapsamlı bir kategorizasyon gerektirir. Burada, uçaklarda çeşitli amaçlarla kullanılan en yaygın sensörler ele alınmaktadır.

Kaynak: <https://www.electronicsforu.com/market-verticals/sensors-strength-aviation-aerospace>

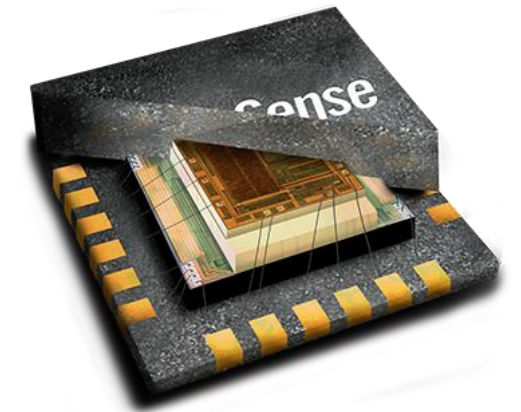
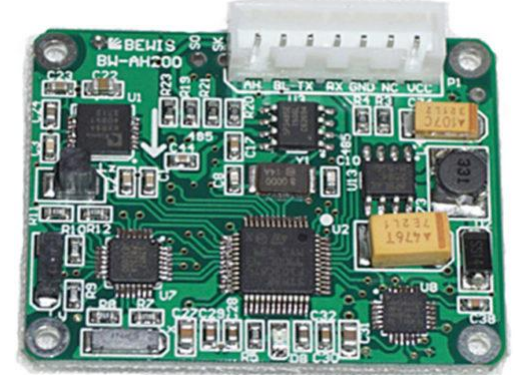
<https://www.azosensors.com/article.aspx?ArticleID=1614>

<https://electronics360.globalspec.com/article/9934/what-you-need-to-know-about-aircraft-sensors>

Ölçüm Araçları (*Probes & Sensors*)

Sensörler:

- Akış sensörleri (flow sensors)
- Basınç sensörleri (pressure sensors)
- Sıcaklık sensörleri (temperature sensors)
- Altimetreler (altimeters)
- Hava hızı göstergeleri (airspeed indicators)
- Pozisyon sensörleri (position sensors)
- Oksijen sensörleri (oxygen sensors)
- Kuvvet ve titreşim sensörleri (force and vibration sensors)
- Pusula ve magnetometreler (compasses and magnetometers)
- Jiroskoplar (gyroscopes)
- Devir göstergeleri (tachometers)
- Konum ve rota referans sistemleri (attitude heading and reference systems)



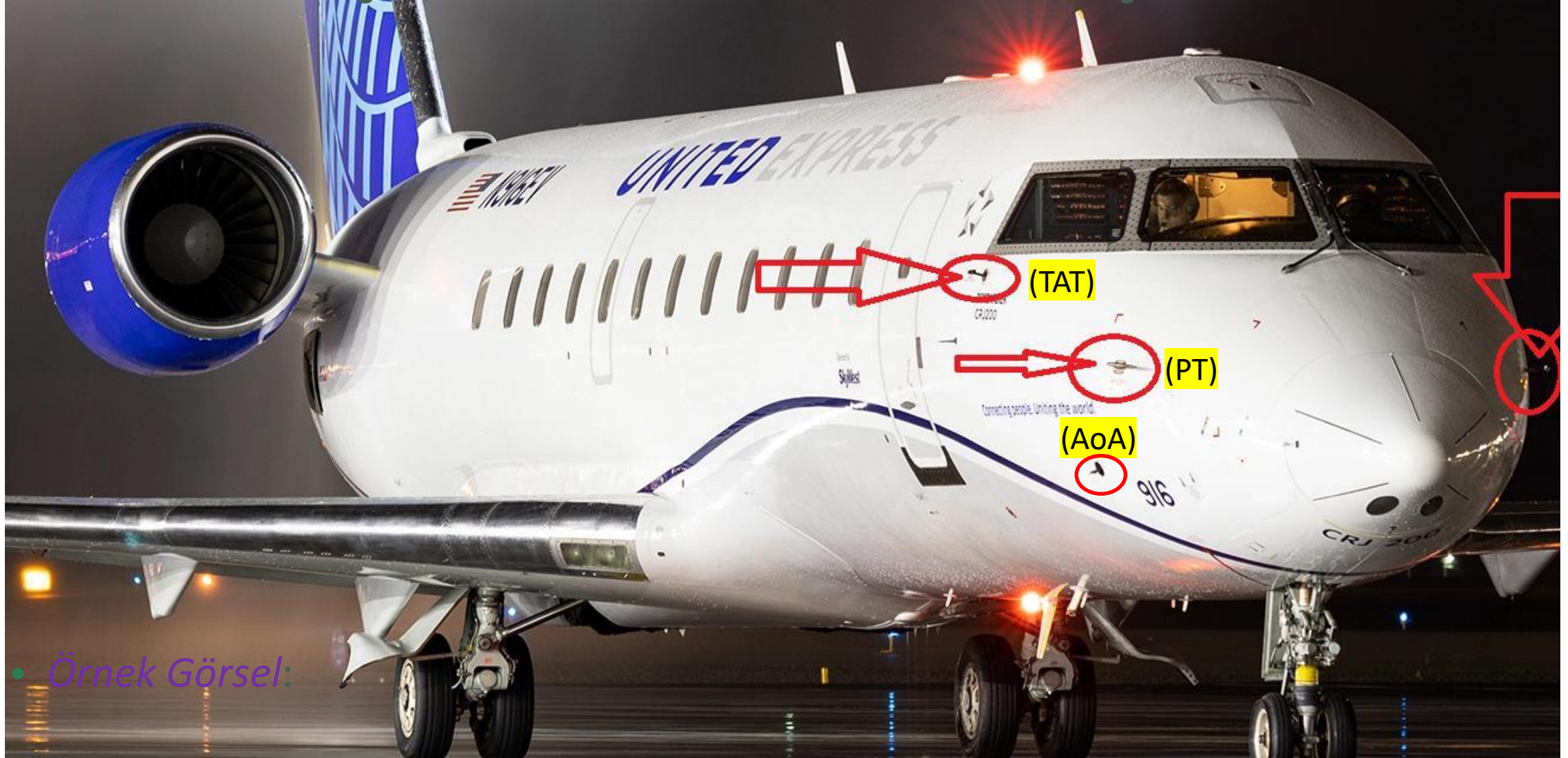
Ölçüm Araçları (Probes & Sensors)

Örnek Görsel:

- Pitot, TAT, AOA problemleri ve çeşitli antenlerin uçak üzerindeki yerleşimleri.
- Capt. ve F/O olmak üzere 2 adet olanlar görülmektedir.



Hava Hızı Ölçüm, Sıcaklık ve Hücum Açısı Problemleri



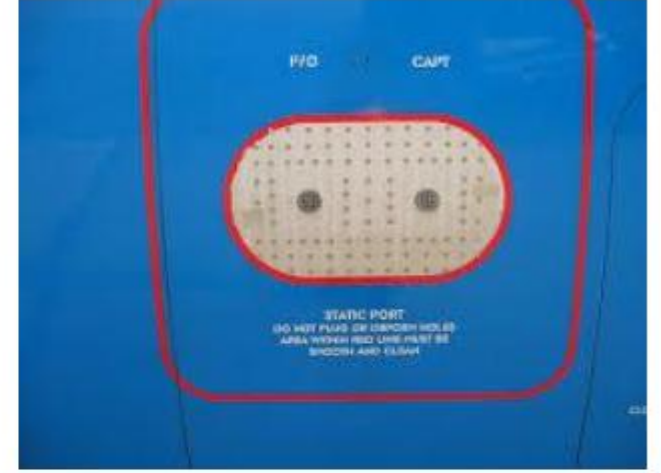
• Örnek Görsel:

Hava Hızı Ölçümü / Pitot-Statik Sistem

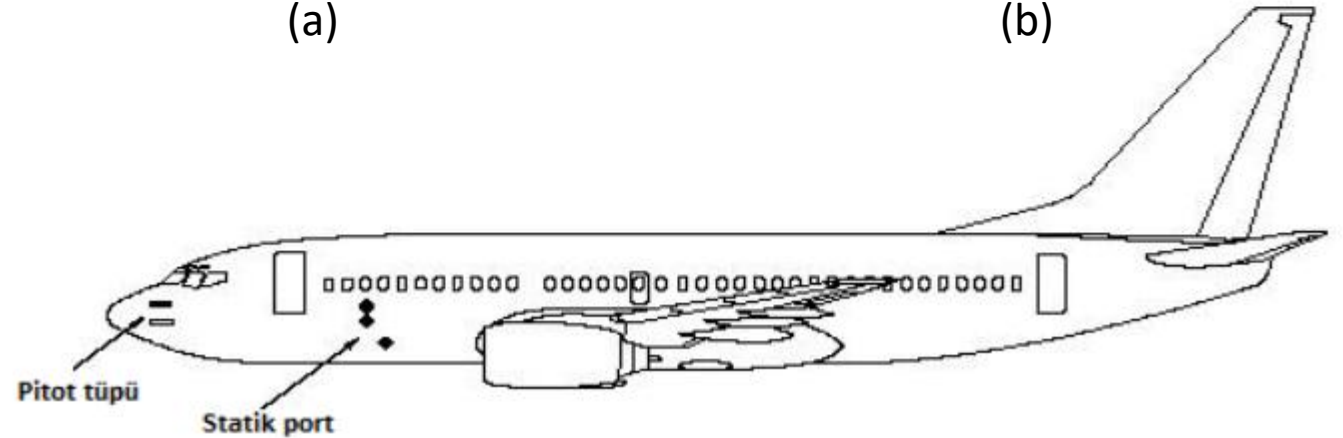
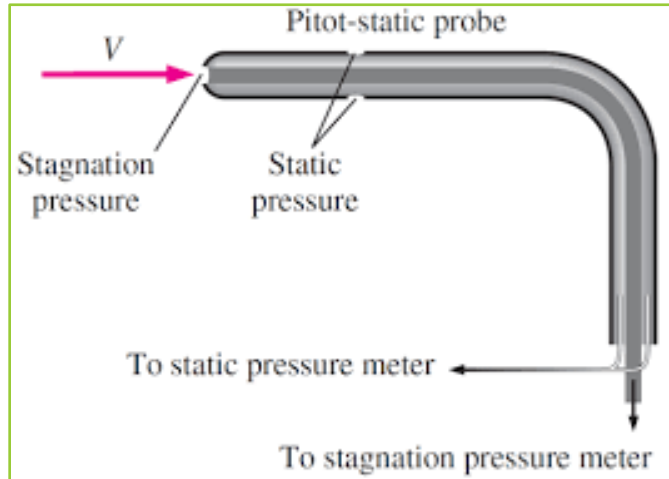
- *Örnek Görsel:* Pitot tüpü (a) ve statik portların (b) uçak üzerindeki yerleri



(a)



(b)

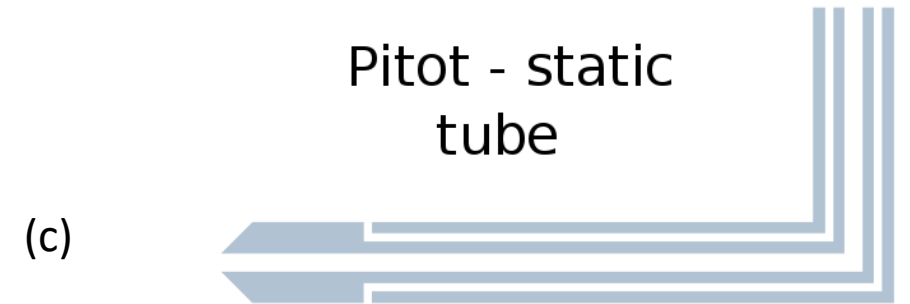
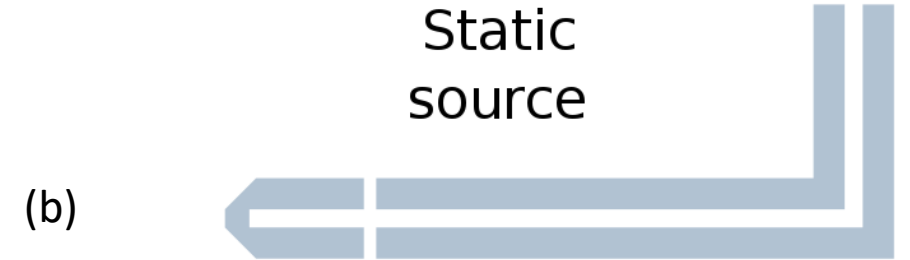
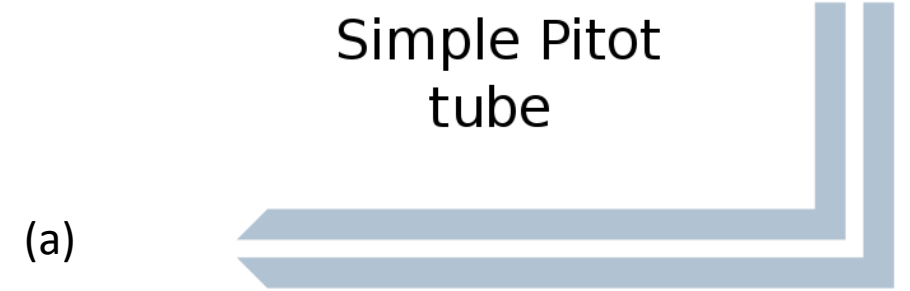


Hava Hızı Ölçümü

Pitot-Statik Sistem

Örnek Görsel: Pitot tüpü çeşitleri

- (a) basit pitot tüpü
- (b) statik port
- (c) pitot – statik sistem bir arada



Hava Hızı Ölçümü / Pitot-Statik Sistem

- *Örnek Görseller:* Pitot tüpü (solda) ve statik port (sağda) uçak üzerinde



Hava Hızı Ölçümü / Pitot-Statik Sistem

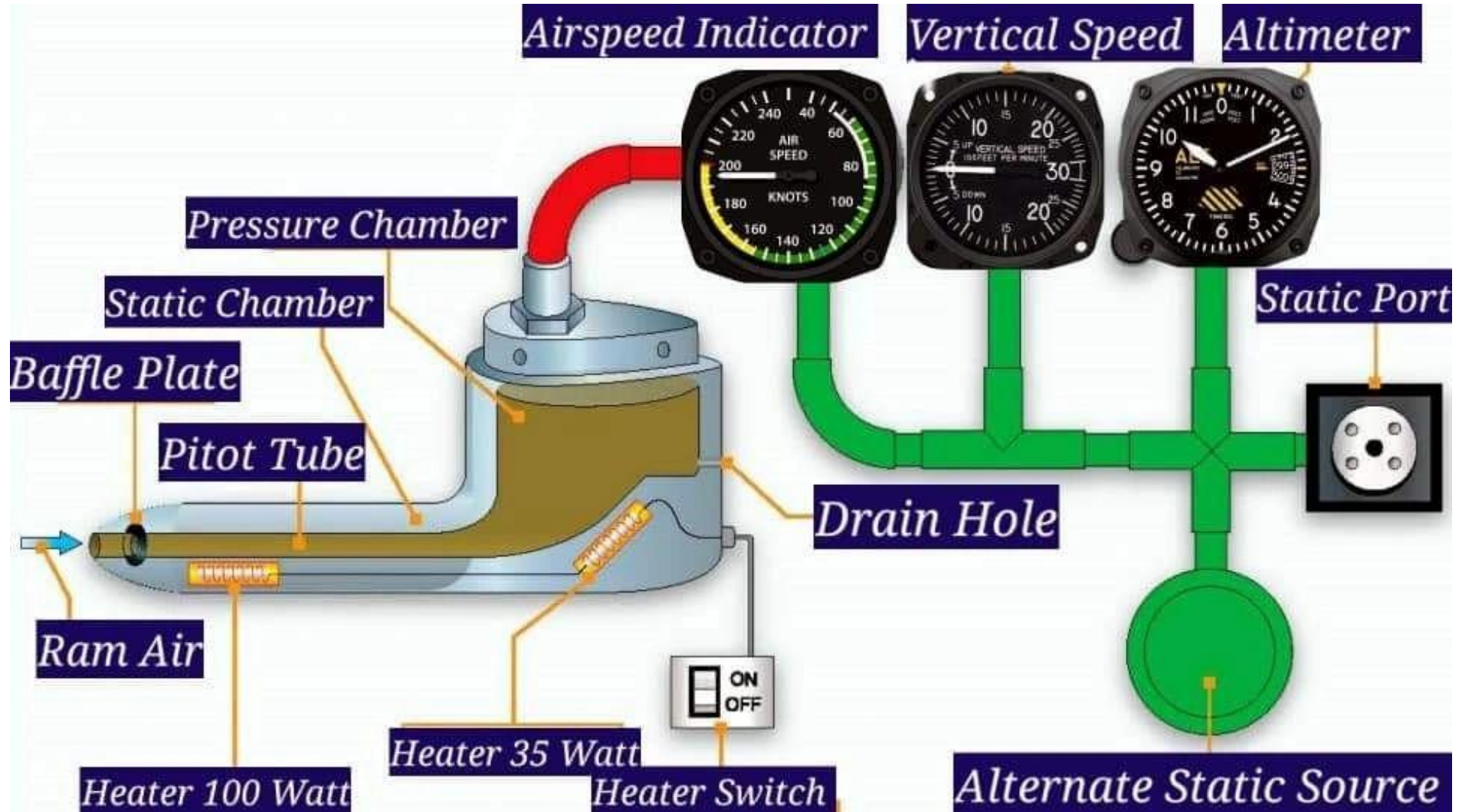
- Pitot tüpleri ileri yöne bakacak şekilde olmak kaydıyla uçağın burun kısmı ve dikey stabilize gibi çeşitli yerlerinde bulunabilir. Uçuş sırasında sağlıklı veri alınabilmesi için temiz tutulmaları ve korunmaları gerekir.



Hava Hızı Ölçümü / Pitot-Statik Sistem

Pitot Static Flight Instrument

- Hava hızı
- Düşey hız
- Altimetre gibi göstergelere çıktı verir.



Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler

Pitot statik sistemin amacı;


Airspeed (hava hızı), Altitude (irtifa) ve Vertical Speed (dikey hız) göstergelerinin çalışmasında kullanılan dinamik (pitot) ve ortam (statik) basıncını sağlamaktır.



Sıcaklık Ölçümü / *TAT Probe*: Total Air Temperature

- Yüksek hızlarda, sürtünme ve sıkışma nedeniyle TAT ölçümü OAT 'den daha yüksektir. (*OAT: Outside Air Temperature*)
- Havacılıkta durgunluk sıcaklığı, toplam hava sıcaklığı olarak bilinir ve uçağın yüzeyine monte edilen bir sıcaklık probu ile ölçülür. Prob, havayı uçağa göre hareketsiz hale getirmek için tasarlanmıştır. Havanın durmasıyla kinetik enerji iç enerjiye dönüşür.

Kaynak: https://en.wikipedia.org/wiki/Total_air_temperature



The diagram shows the nose of a white aircraft. A red arrow points to a small black probe mounted on the fuselage, labeled "TAT PROBE" in red text. Above the aircraft, the text "TAT" is written in large white letters, followed by "Total Air Temperature" in smaller white letters. The background is dark.

TAT
Total Air Temperature

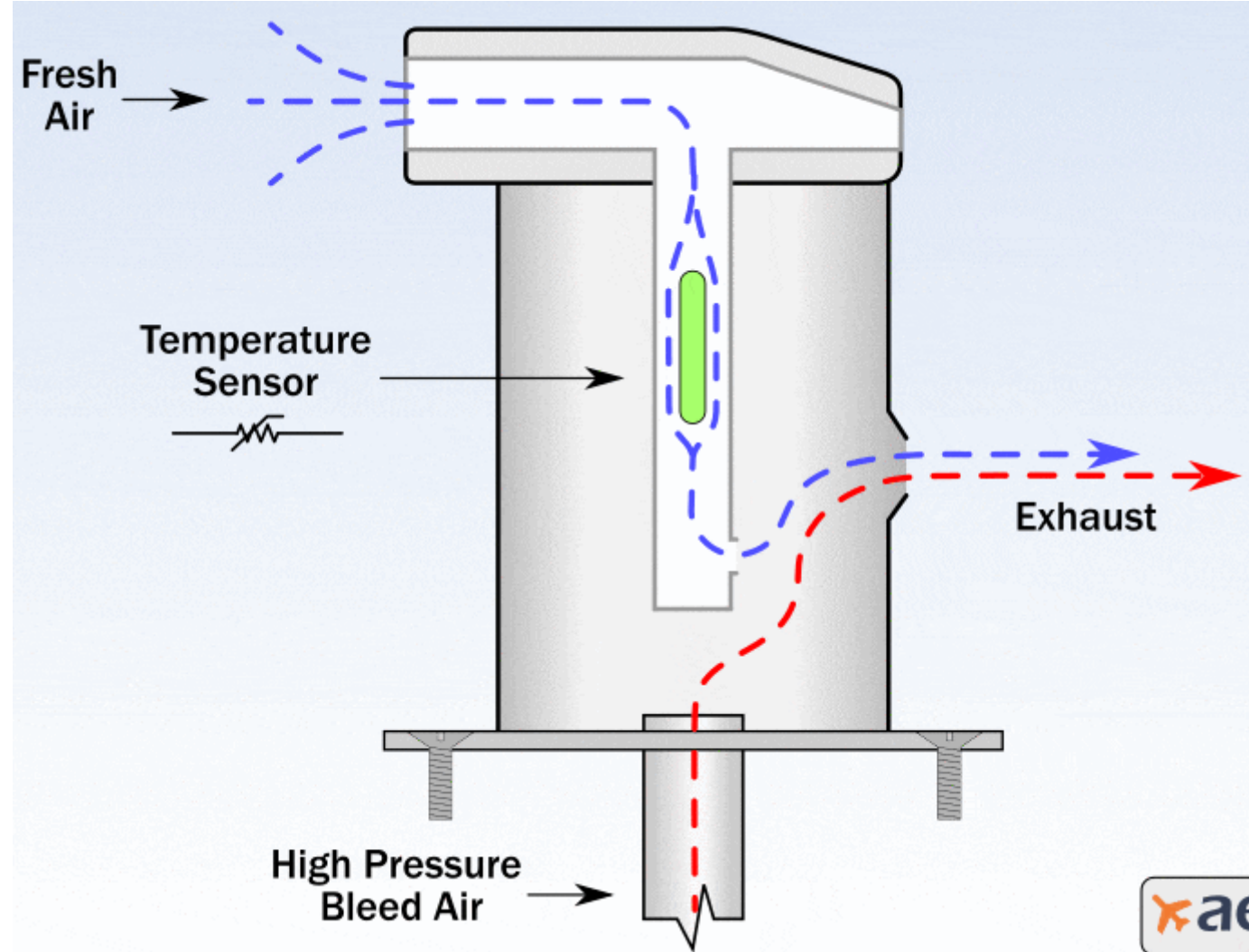
TAT PROBE

TAT represents the air temperature **at the sensor**.

At high speeds, this temperature is significantly **higher** than OAT (Outside Air Temperature), due to **friction** and air stagnation which causes local air **compression**.

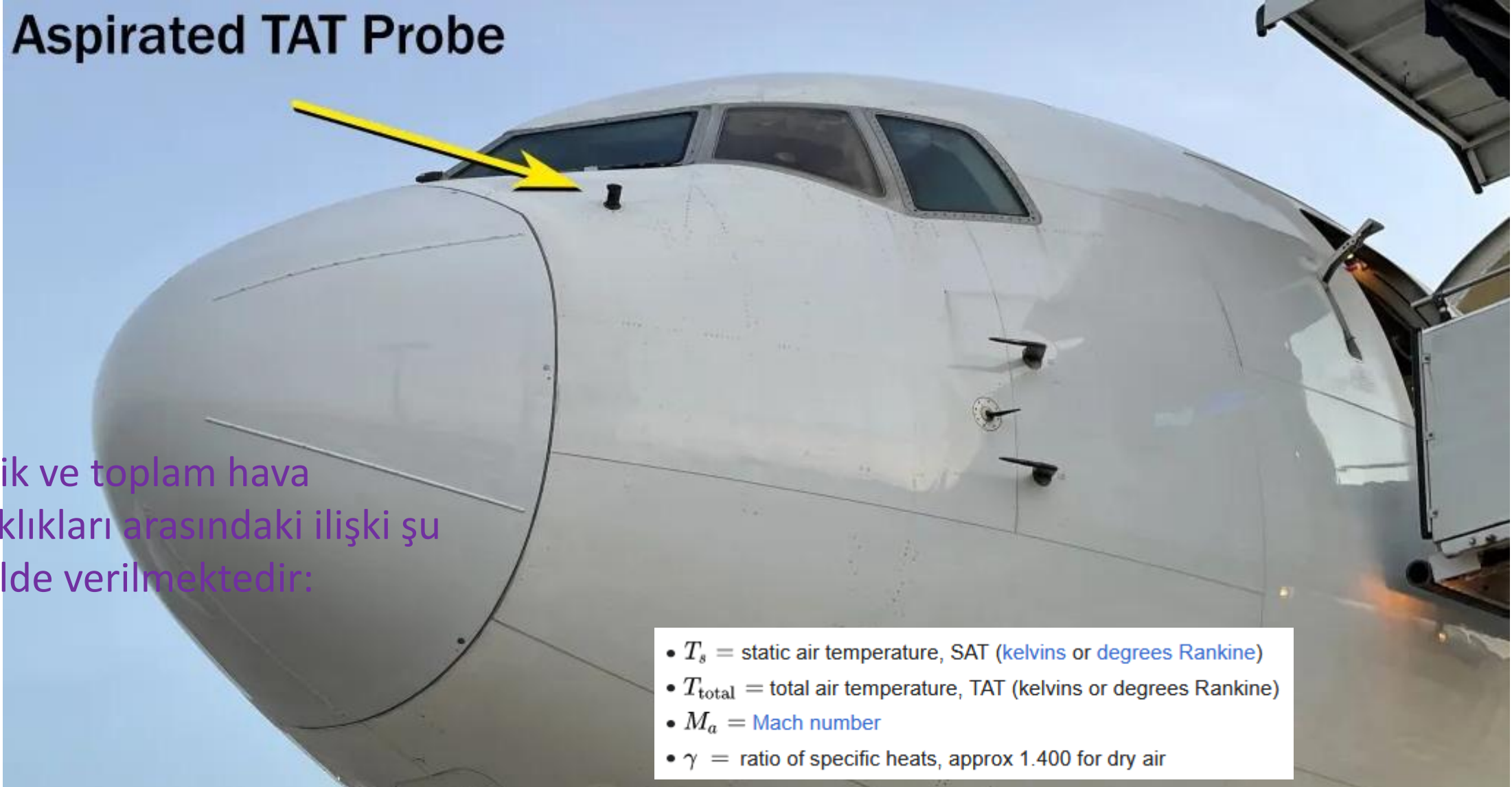
Sıcaklık Ölçümü / *TAT Probe*: Total Air Temperature

- Hava sıkıştırılır ve sıcaklıkta adyabatik bir artış yaşanır. Bu nedenle toplam hava sıcaklığı, statik (veya ortam / OAT) hava sıcaklığından daha yüksektir.
- Toplam hava sıcaklığı (TAT), statik hava sıcaklığının ve dolayısıyla gerçek hava hızının hesaplanması için hava veri bilgisayarının önemli bir girdisidir.



TAT

Aspirated TAT Probe

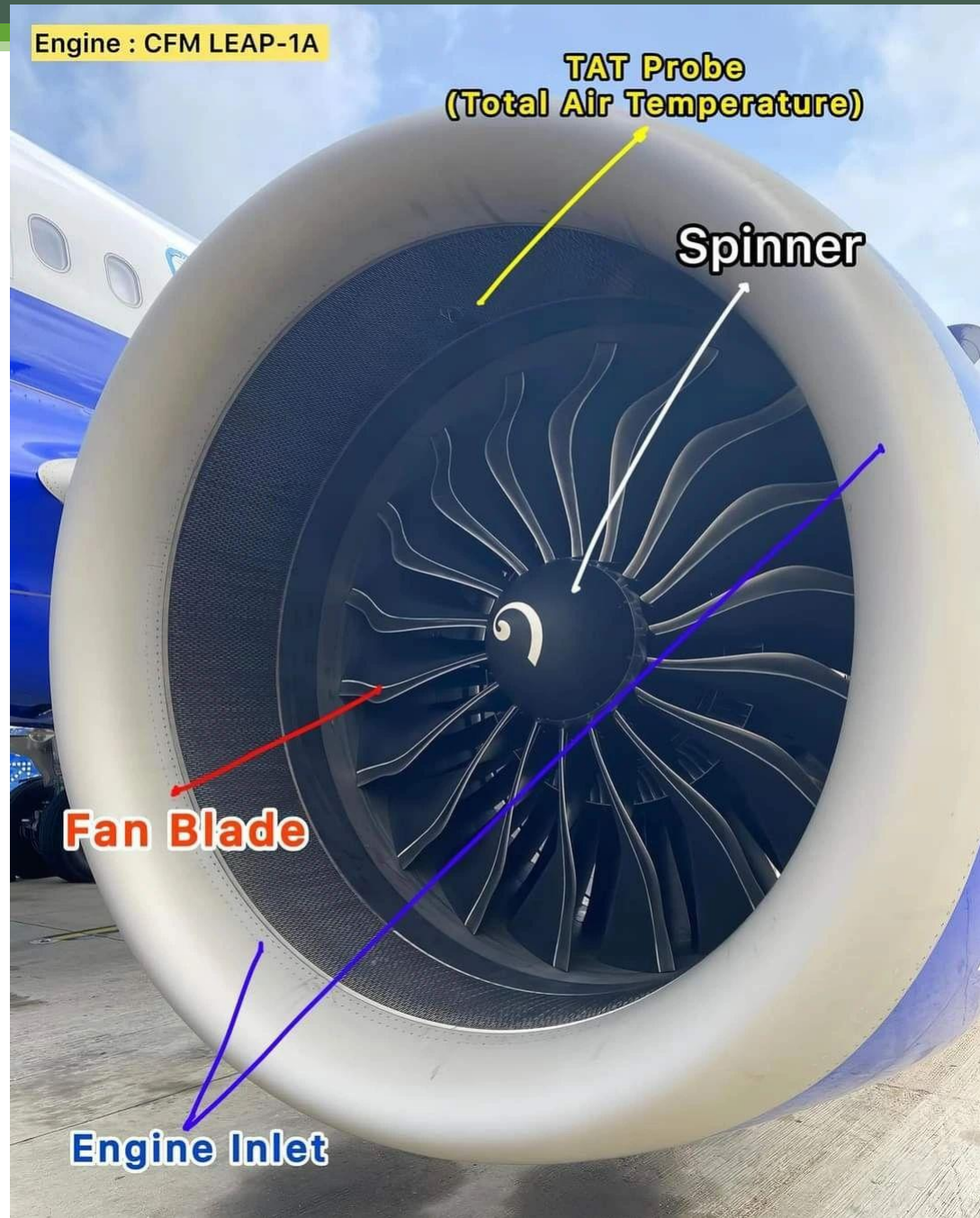


- Statik ve toplam hava sıcaklıkları arasındaki ilişki şu şekilde verilmektedir:

- T_s = static air temperature, SAT (kelvins or degrees Rankine)
- T_{total} = total air temperature, TAT (kelvins or degrees Rankine)
- M_a = Mach number
- γ = ratio of specific heats, approx 1.400 for dry air

TAT

- CFM LEAP-1A uçak motoru hava girişinde yer alan TAT probu
- Örnek Görsel:*
- TAT Probu (*Total Air Temperature*): Toplam hava sıcaklığını ölçer.
 - Spinner (Fan Göbek Konisi): Motor fanı merkezindeki koni şeklindeki kısım, hava akışını yönlendirmeye yardımcı olur.
 - Fan Kanadı (*Fan Blade*): Havayı motora çeken büyük kanatlar.
 - Motor Hava Girişi (*Engine Inlet*): Havanın motora girdiği dış kenar.



TAT

- Toplam Hava Sıcaklığı (TAT) Probları, uzun yolculuklarda yakıt sıcaklıklarını etkileyerek, hem TAT hem de statik hava sıcaklığına (SAT) dayalı buz önleme sistemi kullanımını yönlendirerek, seyir uçuşu ve navigasyon için gerekli olan Mach sayısı ve gerçek hava hızı hesaplamalarına yardımcı olarak ve motor itki ayarları ve otomatik gaz kumandası için gerekli verileri sağlayarak uçuş operasyonlarında önemli bir rol oynar.
- Uçuşa özgü TAT Probları, radyatif (ışınım) ısı transferi ile ilişkili hataları azaltmak, çeşitli çevre koşullarına dayanmak ve Mach 1'e kadar hızlarda çalışmak üzere tasarlanmıştır.

Kaynak: <https://www.aeroprobe.com/total-air-temperature-probe/>

Motor Hava Girişi TAT Sensörü

T12 (TAT) sensörü. “T12” sensörü CFM56-7 motor girişinde 2:30 konumunda görülmektedir. Bu sensör, (Electronic Engine Control) EEC'den sabit bir voltaj alan iki platin algılama elemanından oluşur. Elemanlarda, mevcut sıcaklık direnci hava sıcaklığına orantılıdır, sinyal EEC'ye geri gönderilir. EEC çıkış voltajı ile giriş voltajı arasındaki farkı ölçer ve bu da Fan Giriş Sıcaklığına dönüştürülür.

Bu sensörün gerçek işlevi, Fan Girişindeki Toplam Hava Sıcaklığı verilerini EEC'ye iletmektir ve EEC bu TAT verilerini şunlar için kullanır:

- Yakıt gereksinimi (itki) hesaplamaları
- Değişken Hava Tahliye Vanalarının Ayarlanması
- Değişken Stator Kanatçıklarının Ayarlanması
- Düşük Basıncı Türbin Aktif Boşluk Kontrolü



Motor Hava Girişi TAT Sensörü

Bu T12 verileri tek başına yalnızca uçak yerde olduğunda ve PSEU (Proximity Switch Electronic Unit) uçağın uçuşta olduğunu belirledikten sonraki ilk beş dakika boyunca EEC tarafından kullanılır. Bu koşullar sırasında, en az bir T12 değeri geçerliyse, EEC, (buz korumalı) ısıtılmış (Air data inertial reference unit) ADIRU TAT probu üzerinde yeterli hava akışı olmadığında hataları önlemek için TAT için yalnızca motor T12 problemlerini kullanır. EEC, havada beş dakika kaldıktan sonra dört TAT sinyalini karşılaştırır:

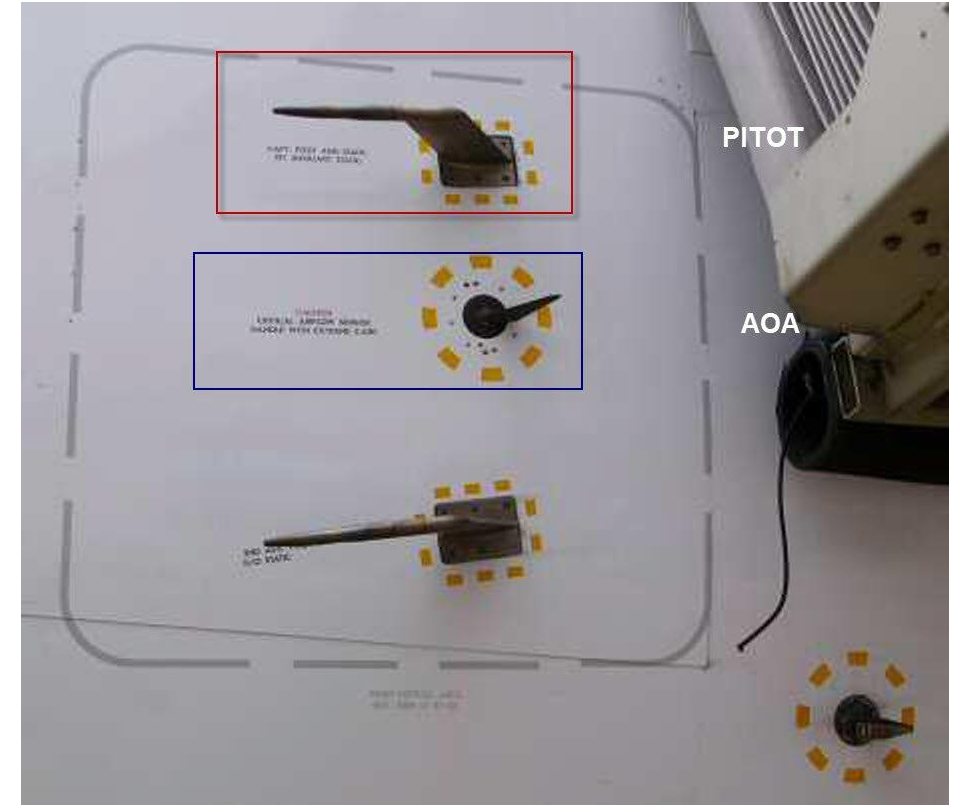
- Aktif EEC kanalından T12
- Bekleme EEC kanalından T12
- ADIRU 1'den toplam hava sıcaklığı
- ADIRU 2'den toplam hava sıcaklığı

Dört sinyal de geçerliyse ve sınırlar içindeyse, ADIRU'lardan gelen toplam hava sıcaklığı, daha önce açıklanan çalışma işlevleri için kullanılır. EEC, mümkün olduğunda her iki motorun da TAT için aynı değeri kullanması için motor T12 sensör sıcaklığını kullanmadan önce ADIRU sıcaklığını kullanır. Her iki ADIRU sıcaklığı da geçerli değilse, EEC, TAT girişi için T12 değerlerini kullanır.

ADIRU: Pilotların elektronik uçuş enstrüman sistemi ekranlarına ve motorlar, otopilot, uçak uçuş kontrol sistemi ve iniş takımı sistemleri gibi uçaktaki diğer sistemlere hava verisi (hava hızı, hücum açısı ve irtifa) ve eylemsizlik referansı (pozisyon ve durum) bilgisi sağlayan temel bir bileşendir.

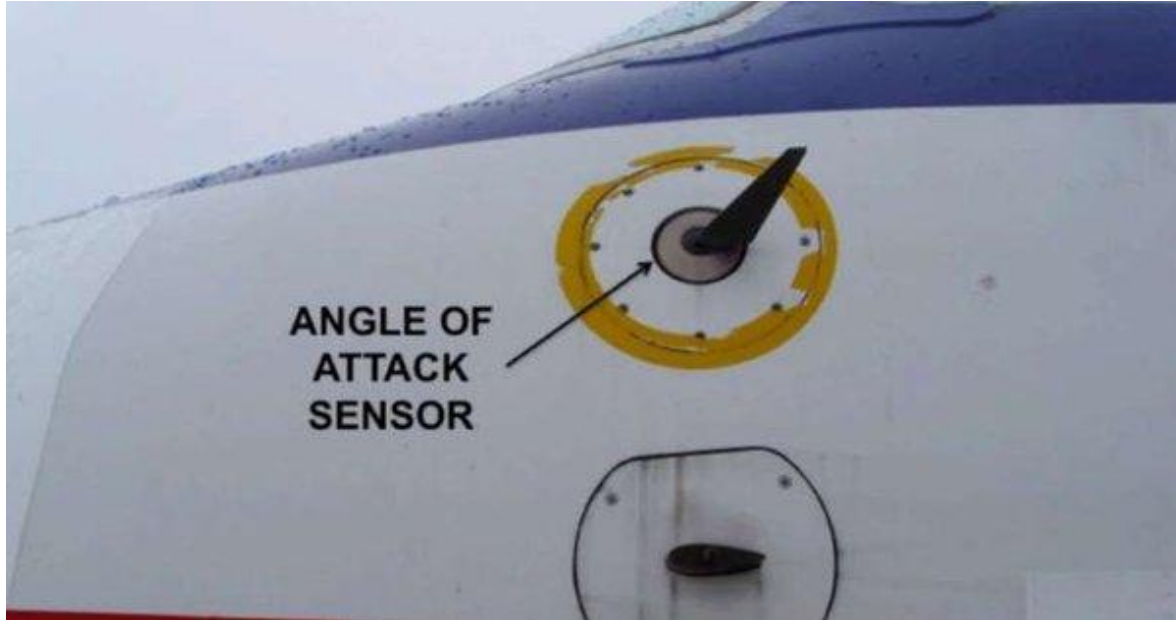
Hücum Açısı Probu / AOA Probe / Alpha Vane

- Hücum açısı (AoA) proları, hava hızı vektörü ile uçak kanadının bir kesiti üzerinde önceden tanımlanmış bir çizgi arasındaki açıyı ölçer. Bu çizgi genellikle sıfır taşıma çizgisi veya kanat profilinin veter çizgisi olarak seçilir.
- AoA genellikle Yunanca alfa harfiyle gösterilir. Bu açı genellikle söz konusu kanat bölümünün taşıma kuvvetini hesaplamak için kullanılır.
- AoA probuna, alfa kanatçığı (*alpha vane*) da denir.



Hücum Açısı Probu / AOA Probe / Alpha Vane

- *Örnek Görseller:* AoA ölçüm problemleri



MUTK108 - Elektronik Alet Sistemleri ve DT

Uçak Alet Sistemleri ve Göstergeler

- PİTOT STATİK ALETLER
- JİROSKOPİK ALETLER
- KOKPİT GÖSTERGE SİSTEMLERİ

Kokpit Gösterge Sistemleri



Uçuş Durum Göstergeleri

Uçuş durum göstergeleri üç farklı sistemden oluşur.

PİTOT STATİK SİSTEMLE ÇALIŞAN GÖSTERGELER

- Altimetre (Altimeter),
- Dikey Hız Göstergesi "Varyometre" (Vertical Speed Indicator "VSI"),
- Hız Göstergesi (Air Speed Indicator kısaca "ASI")

JİROSKOPİK (CAYROSKOPİK) SİSTEMLE ÇALIŞAN GÖSTERGELER

- Durum Cayrosu "Suni Ufuk" (Attitude Indicator),
- Dönüş-Kayış Göstergesi (Turn and Slip Indicator),
- Yön Göstergesi (Heading Indicator)

MANYETİK SİSTEMLE ÇALIŞAN GÖSTERGELER

- Manyetik Pusula (Magnetic Compass).

ALET SİSTEMLERİ

Pitot-Statik Göstergeleri

Pitot statik sistemler havanın sahip olduğu potansiyel ve kinetik enerji özelliklerinden yararlanarak uçağın irtifa saati, sürat saati, varyometre gibi gösterge parametrelerinin hesaplanmasında kullanılır.

Havanın potansiyel enerjisinden kaynaklanan basınç türüne statik basınç denilmektedir ve yerel bölgede ortamın barometrik basıncını göstermektedir.

ALET SİSTEMLERİ

Pitot-Statik Göstergeleri

Pitot-Statik sistemin amacı; uçak sistemlerine dinamik (pitot) ve ortam (statik) basıncı sağlamaktır. Dâhili bağlantı sistemleri ve komponentleri girişlerdeki basıncı altitude (irtifa) ve airspeed (hız) sinyallerine çevirir.

Probe'lar dinamik ve statik basınçları hissederler ve hatlardan geçerek kullanıcı komponentlerine basınç sağlarlar. Buzlanmayı önlemek için proplar ısıtılır. Alternatif portlar stand-by altimetre ya da airspeed göstergesi için statik ve dinamik basınç sağlar. Drain fittingler (boşaltım teçhizatı) pitot-statik sistemde birikmiş suyu boşaltmaya yarar.

Pilot mahallindeki üç aletin çalışması için gerekli olan pitot ve statik basıncı sağlar. Bunlar:

- Hız saati (Pitot Basınç ve Statik Basınç)
- Altimetre (Statik Basınç)
- Varyometre (Statik Basınç)'dir.

Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler

- **Pitot statik sistemin amacı;**

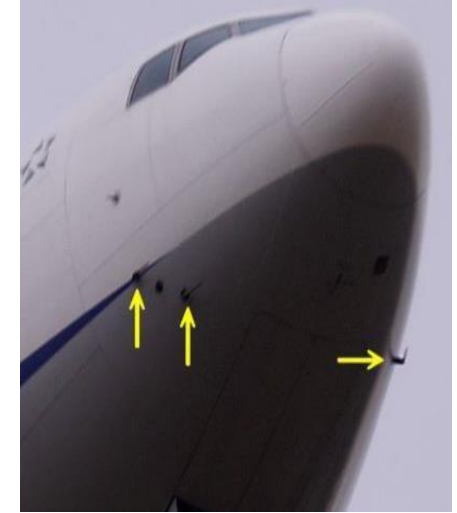
Airspeed (hız), *Altitude* (irtifa) ve *Vertical Speed* (dikey hız) göstergelerin çalışmasında kullanılan dinamik (pitot) ve ortam (statik) basıncı sağlamaktır.



Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler

- **Pitot Tüpü**

Genellikle uçakların burun kısmında bulunan, ucu delik sivri uçlu çubuklara pitot tüpü denir. Pitot tüpü her zaman uçakların burnunda bulunmayabilir. Uçağın tasarımına göre en az hava karışıklığının olduğu bir bölgede uçuş yönüne doğru bakar. Kanatlarda, dikey stabilizenin hücum kenarında veya uçak gövdesinin ön kısmında yanlarda olabilir.

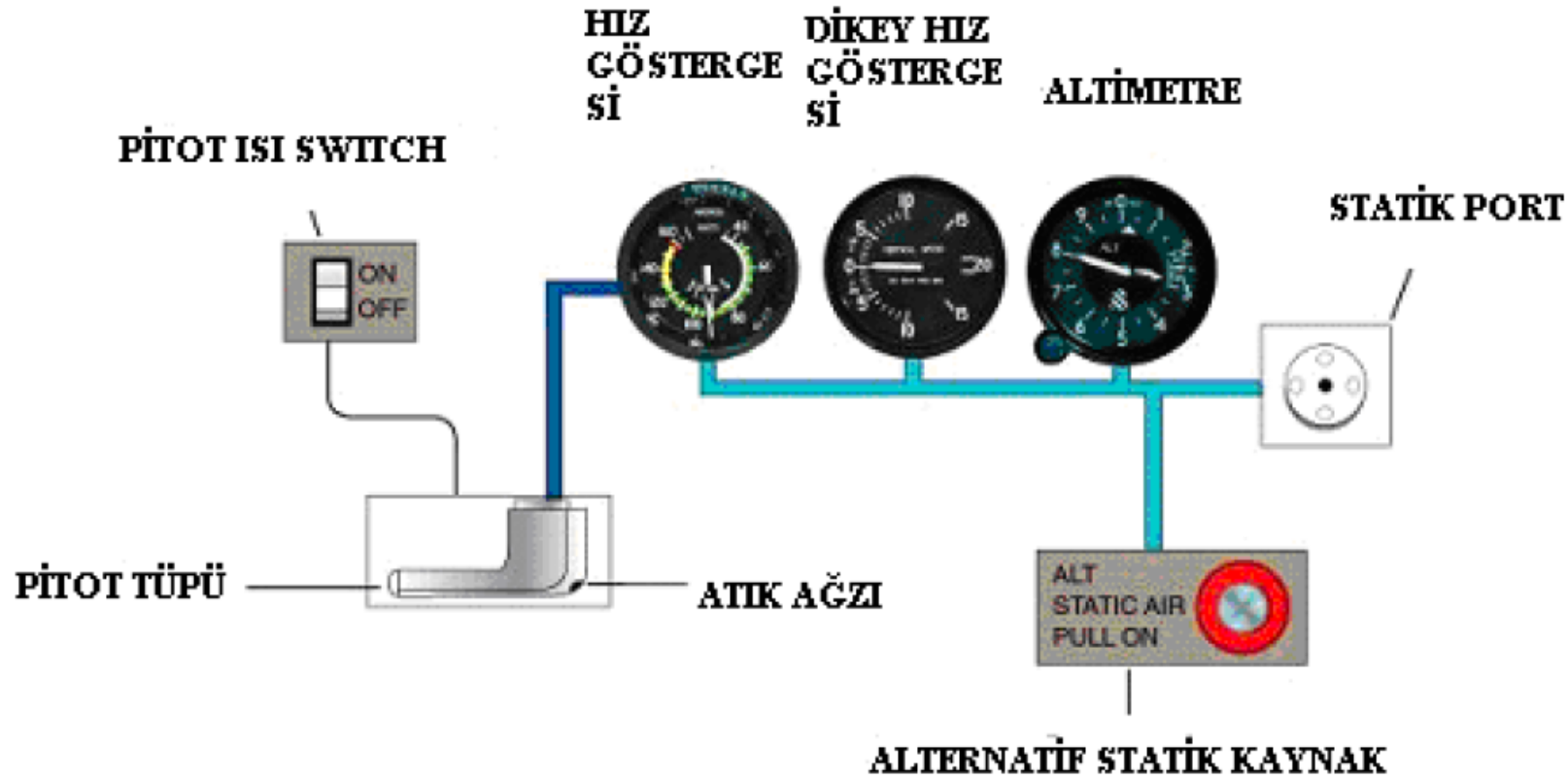


Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler

- **Statik Basınç Delikleri**

Gövde üzerinde ve/veya pitot tüpü üzerinde bulunur. Pitot tüplerine uç kısmından yabancı madde girme ihtimaline karşı hava aracı park yerinde iken mutlaka kılıf takılmalıdır. Kılıf hava aracı uçuşa hazırlanırken çıkarılır. Unutulmaması için üzerinde **“Remove Before Flight”** uyarı ikazları bulunan şeritler bulundurulur

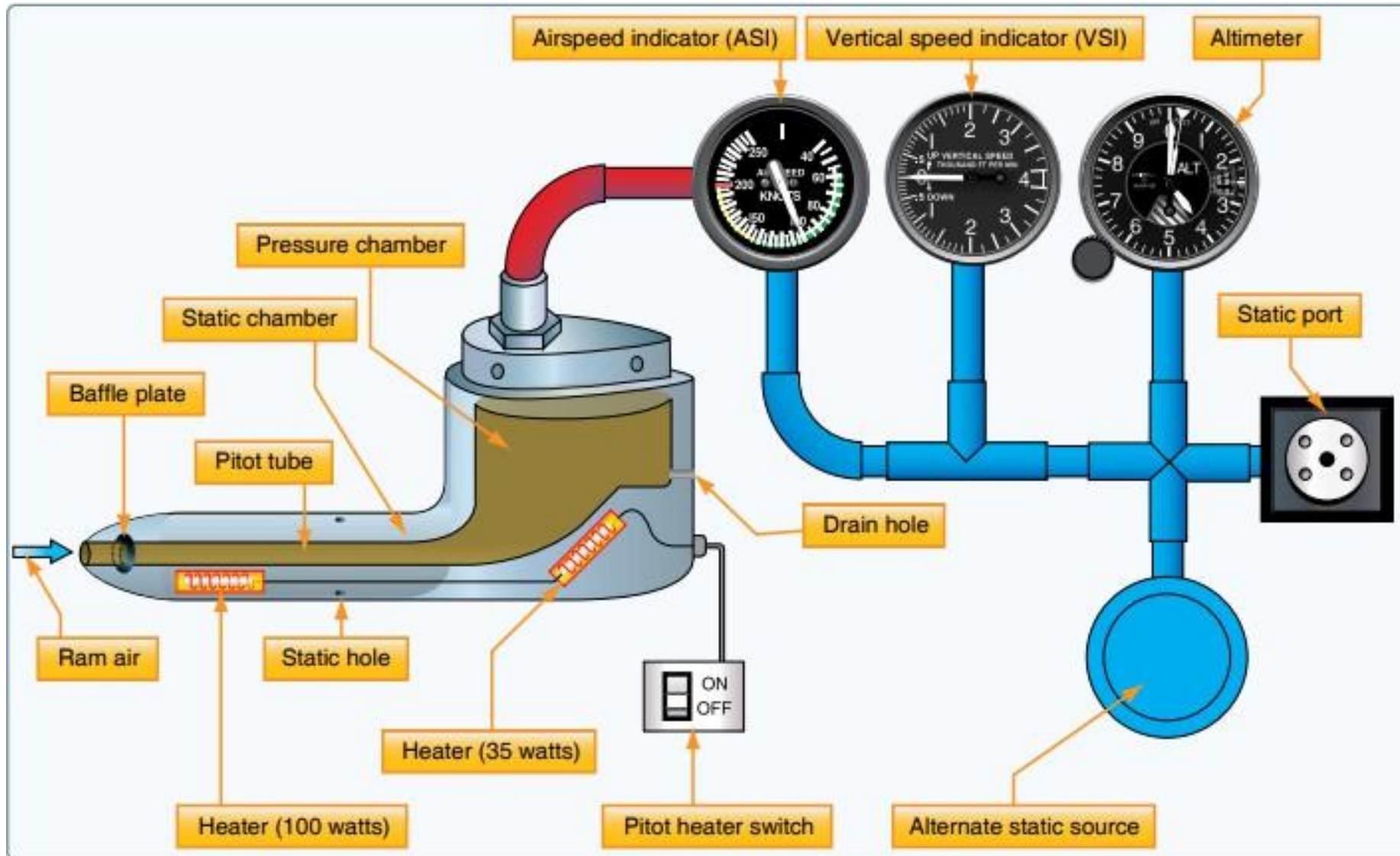




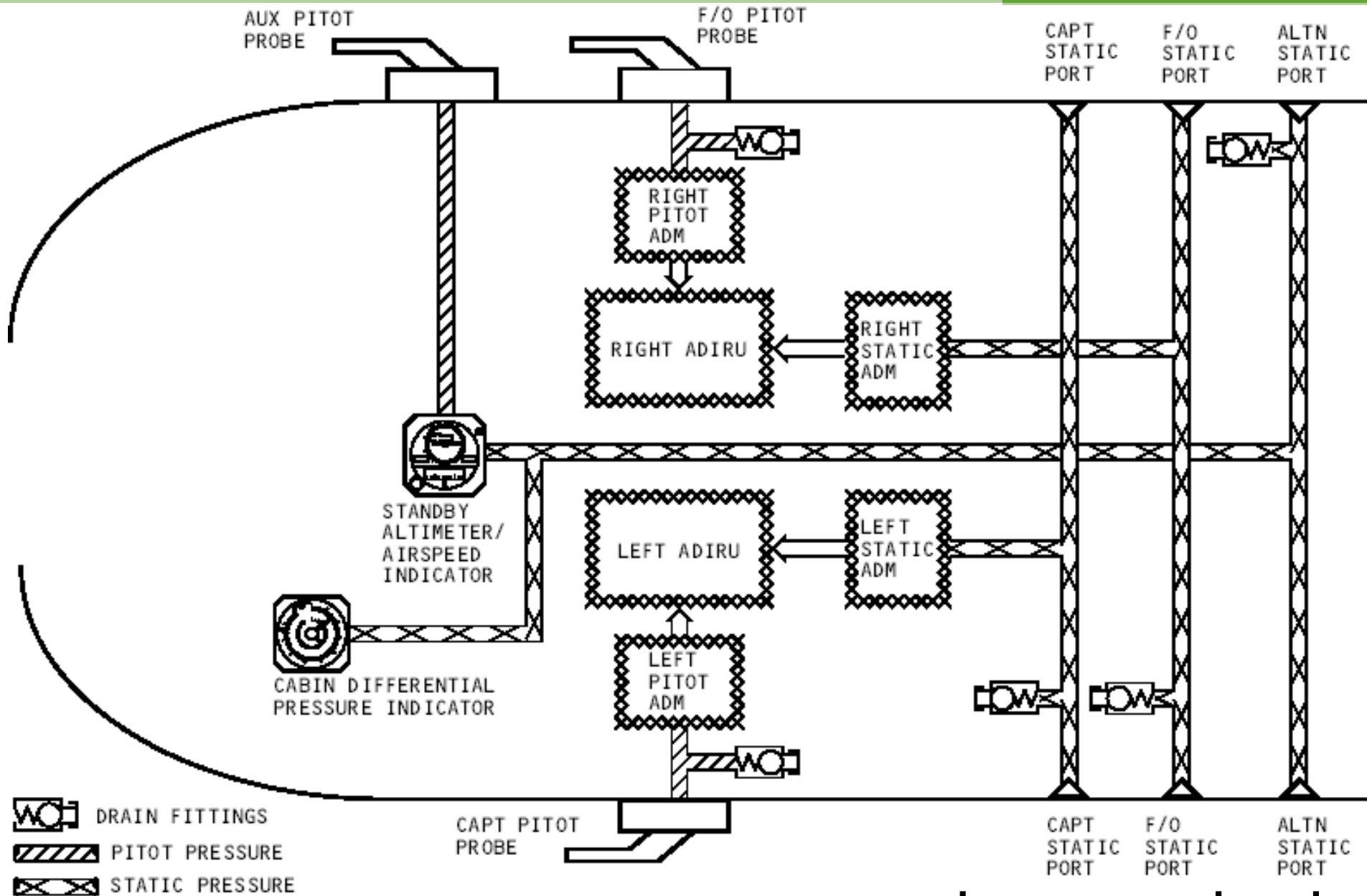
Resim 1.1: Pitot-statik sistem

- Pitot: Havanın çarpma basıncı, hava içinde hareket eden cisme karşı oluşan basınçtır.
- Statik Basınç: Durgun atmosferik basınç, etrafımızı saran hava basıncıdır.
- Pitot Tüpü: Uçakta en az hava karışıklığının olduğu bölgede, uçuş yönüne doğru bakan, içi delik, sivri uçlu çubuklara pitot tüpü denir.

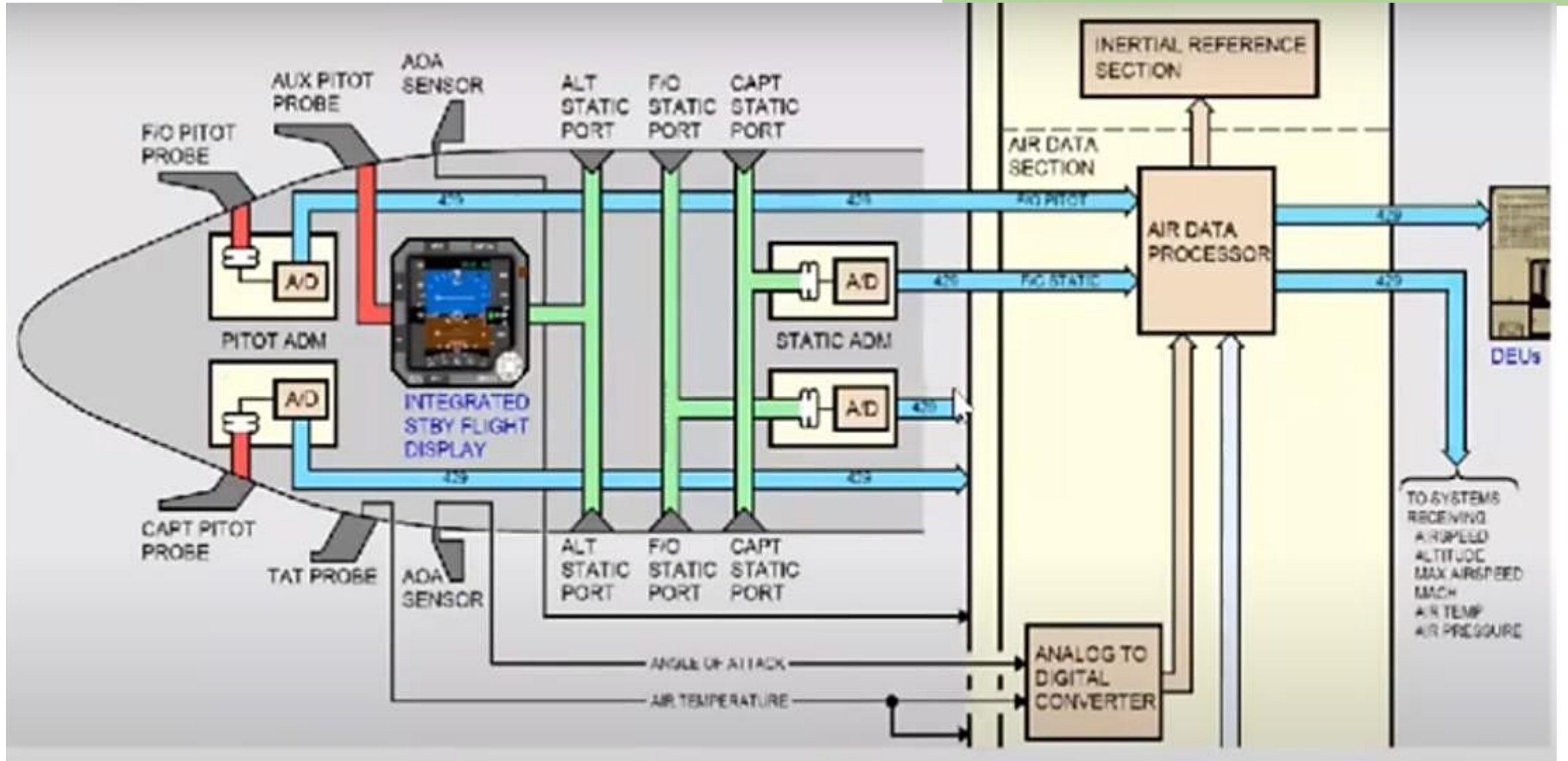
Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler



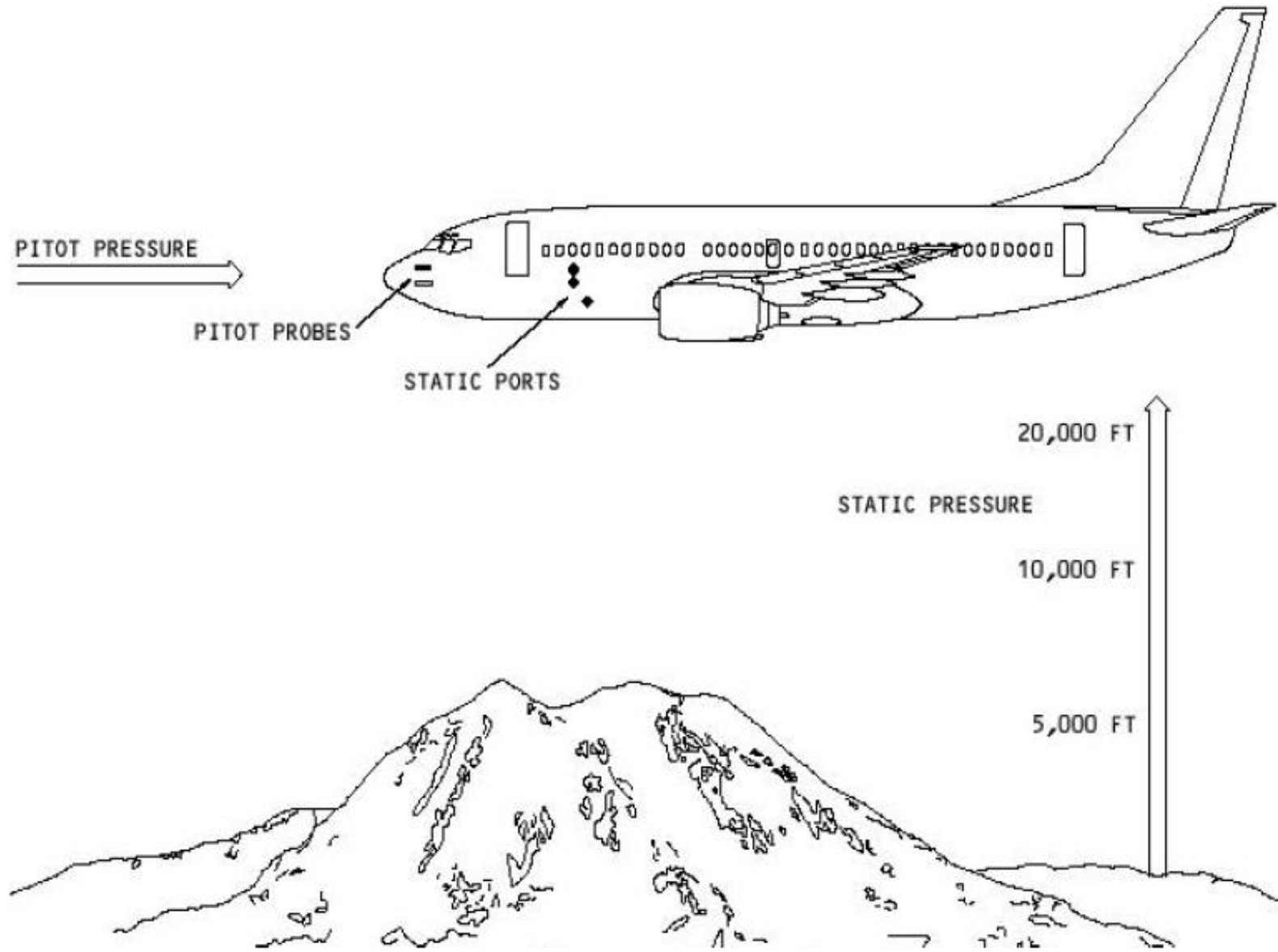
- ❑ Pitot statik sisteminde portların donmasını ve dolayısıyla kapanmasını önlemek amacıyla sistemlerin birçoğunda ısıtıcı (*heater*) bulunmaktadır ve bu ısıtıcı kokpitte pilot tarafından (*pitot heater switch*) aktifleştirilmektedir.
- ❑ Kabin basınçlandırma sistemi olmayan uçaklarda statik portlarda oluşabilecek tıkanmalara karşı kabin içinde göstergeleri besleyen alternatif statik basınç portları bulunmaktadır.
- ❑ Bu sistemler kabin basıncını kullanarak herhangi bir statik port tıkanma probleminde alternatif statik basınç kaynağı olarak kullanılmaktadır.



PİTOT STATİK SİSTEM ŞEMASI



BÜYÜK UÇAK PİTOT STATİK SİSTEM ŞEMASI



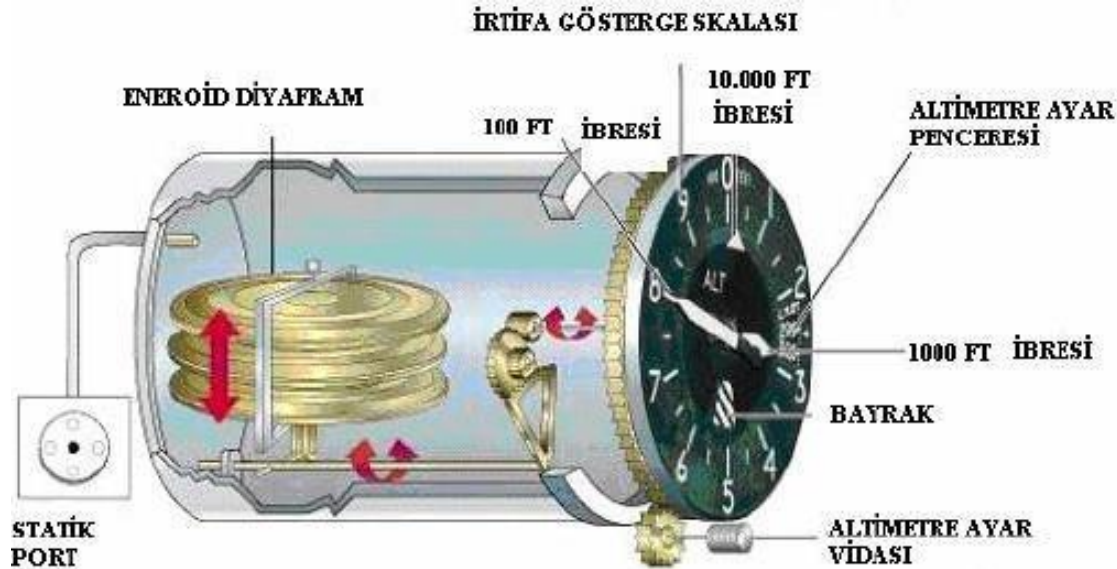
Resim1.2: Pitot probe ve statik port yerleşimi

Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

ALTİMETRE

Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler Altimetre-Altitude

- Uçakların deniz seviyesine göre yüksekliğini feet cinsinden gösteren göstergelere altimetre denilir. Statik basınç ile çalışır. Statik basınç deliklerinden alınan hava basıncına göre yüksekliği ölçer. Altimetrelerin hassas elemanı aneroid olup içinde standart gün basıncı olarak kabul edilen (14,7 PSI, 29,92 inch/Hg, 1013,2 milibar) hapsedilmiştir.



Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler Altimetre-Altitude

- Uçak deniz seviyesinde ise aneroidin içindeki basınç ile statik basınç eşit olacağından ibreler 0 feeti gösterecektir. Uçak irtifa aldığı anda ise statik basıncın düşmesi sonucunda aneroid genişleyecek ve altimetre ibreleri saat istikametinde olmak kaydıyla yüksekliğin artışıını gösterecektir. Altimetre görünüşü olarak saate benzer. Akrep yelkovan gibi boyca birbirinden farklı üç ayrı gösterge kolu vardır.



Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler Altimetre-Altitude

- En uzun olan 100 feet aralığı, orta uzunluktaki kol ise 1000 feet aralığı, en kısa kol ise 10000 feet aralığı gösterir. Kadranın içinde açılmış bir pencereden de bir düğme ile ayarlanabilir barometrik basınç görülür. Kalkış yapılan veya inilecek yerin barometrik basıncı ayarlanarak doğru yükseklik değerlerinin elde edilmesi sağlanır. Bazı hava alanlarının denizden yüksekliği, kontrol kulesinde büyükçe yazılır. Ya da hava trafik kontrol bu bilgiyi radyo ile verir. Uçuş sırasında ise pilotun altimetreyi değişen dış basınca göre ayarlaması gerekir.



Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler Altimetre-Altitude

- **Barometrik ayar penceresi**

- Meydandaki hava yoğunluğu her zaman standart atmosfer değerinde olmadığı için o andaki meydan basıncı girilerek doğru yükseklik değeri elde edebilmek için aletin içine bir kalibrasyon sistemi yerleştirilmiştir. Bu barometrik pencereler genellikle 28,10-31,00 inch/hg veya 950-1050 milibar arasında taksimatlandırılmıştır.
- Meydan basıncının ayarlanabilmesi için altimetrelerin sol alt köşelerinde barometrik ayar düğmesi vardır.
- Altimetre ayarlarında referans olarak deniz seviyesinde ısı 15 °C (59 °F) barometrik basınçta 29,92 inch/hg standart bir gün kabul edilmiştir. İyi ayarlanmış bir altimetre deniz seviyesinde standart bir günde 0 feeti göstermesi gerekir. Fakat barometrik basınçtaki değişiklikler ile havanın ısıdaki değişiklikler altimetrenin 0 feetten daha fazla ya da az göstermesine neden olur.

Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler Altimetre-Altitude

- Mesela deniz seviyesinde bir uçağın altimetresi 25 °C'lik sıcaklık ve
- 29.92 inch/hg bir barometrik basınç altında 0 feet i göstermesine rağmen hava soğur ve o yöreye bir alçak basınç gelir ise altimetre 0 feetten daha fazla (100-200 feet gibi) değerler gösterir. Hava ısınır ve o yöreye bir yüksek basınç gelirse altimetre 0 feetin altında (-100
- -200 feet gibi) değerler gösterir.
- Sonuç olarak altimetrenin doğru değer gösterip göstermediğini anlamak için eğer uçak yerde ise o yerin deniz seviyesine göre yüksekliğini veya barometrik basıncını bilmek gerekir. Uçuşta ise o anda uçulan mevkideki barometrik basıncın bilinmesi ve bu basıncın barometrik pencereye işlenmesi gerekir.
- Eğer bilinen barometrik basınç inch/hg ve altimetrenin barometrik penceresi mm/hg ise inch/hg'i mm/hg'e çevirmek için 25,4 ile çarpmak gerekir.
- NOT: Standart atmosfer şartlarında manifold basıncı yaklaşık olarak her 1000 feet yükselmede 1 inch/hg azalır.

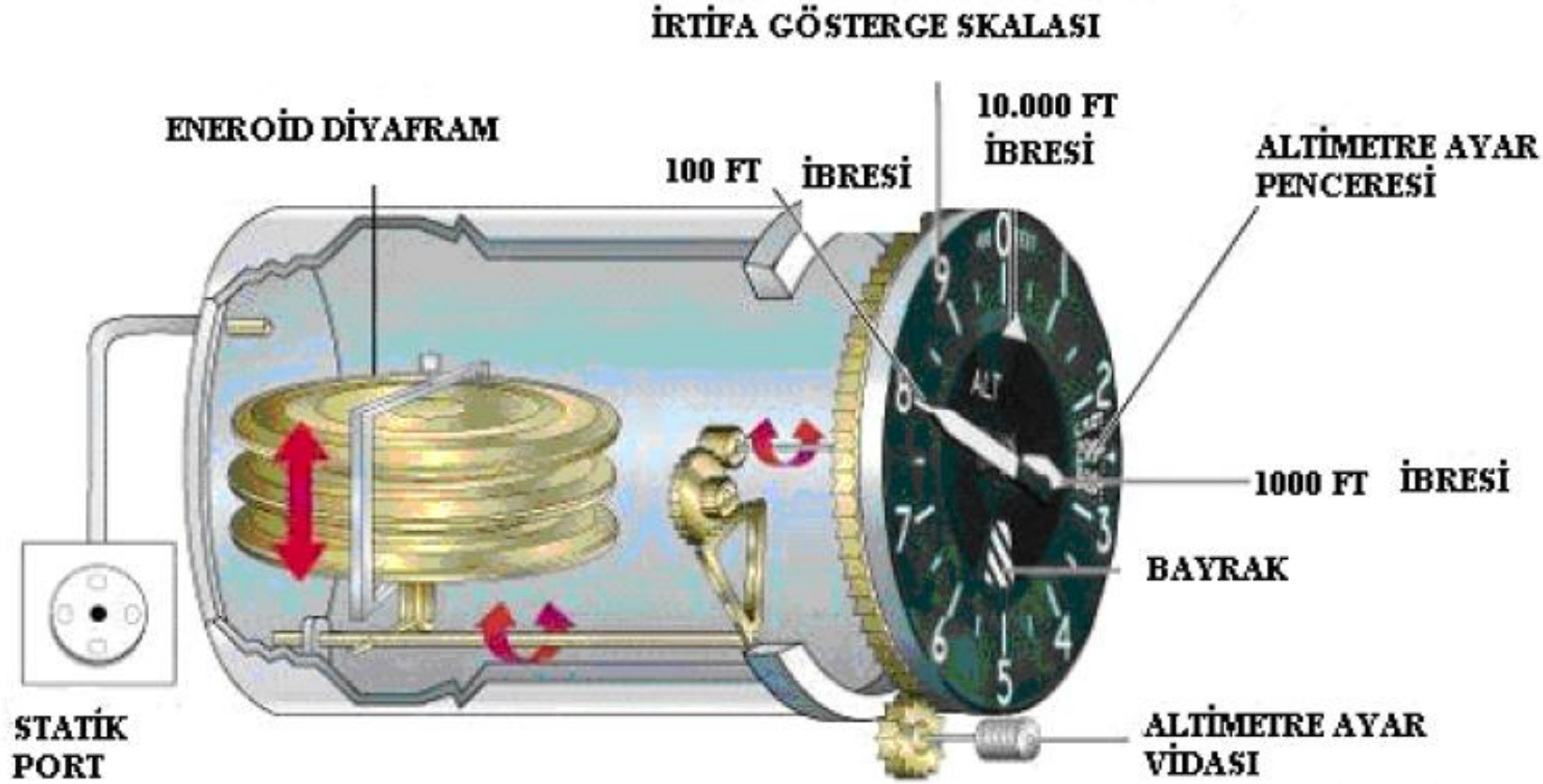
Bir uçaktaki, en önemli aletlerden biri *Altimetre*'dir.

1.1.1. Altimetre

Uçakların deniz seviyesine göre yüksekliğini feet cinsinden gösteren göstergelere altimetre denilir. Statik basınç ile çalışır. Statik basınç deliklerinden alınan hava basıncına göre yüksekliği ölçer. Altimetrelerin hassas elemanı aneroid olup içinde standart day (standart bir gün) basıncı (14,7 PSI, 29,93 inch/hg , 1013,2 mb) hapsedilmiştir.



Resim 1.4: Altimetre



Resim 1.3: Altimetrenin yapısı

Uçak deniz seviyesinde ise aneroidin içindeki basınç ile statik basınç eşit olacağından ibreler 0 feeti gösterecektir. Eğer uçak irtifa aldığı anda ise statik basıncın düşmesi sonucunda aneroid genişleyecek ve altimetre ibreleri saat istikametinde olmak kaydıyla yüksekliğin artışı gösterecektir.

Altimetre görüntüş olarak saate benzer. Akrep yelkovan gibi boyca birbirinden farklı üç ayrı gösterge kolu vardır. En uzun olan 100 feet aralığı, orta uzunluktaki kol ise 1000 feet aralığı , en kısa kol ise 10000 feet aralığı gösterir. Kadranın içinde açılmış bir pencereden de bir düğme ile ayarlanabilir baro metrik basınç görülür. Kalkış yapılan veya inilecek yerin barometrik basıncı ayarlanarak doğru yükseklik değerlerinin elde edilmesi sağlanır. Bazı hava alanlarında orasının denizden yüksekliği kontrol kulesinde büyükçe yazılır. Ya da hava trafik kontrol bu bilgiyi radyo ile verir. Uçuş sırasında ise pilotun altimetreyi değişen dış basınca göre ayarlaması gerekir.



► **1-Dijital Sayıcı;** Binler, yüzler ve ondalık dilimde geçerli yüksekliği gösterir.

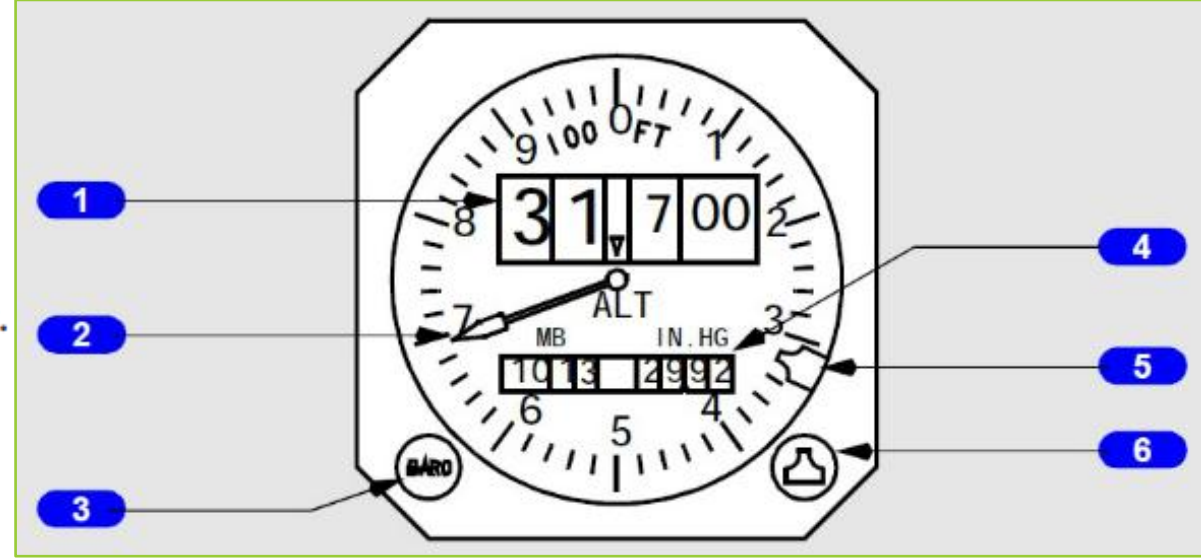
► **2-İrtifa İbresi;** Her bir devir 1000 feet yapar.

► **3-Barometrik Ayar Kontrolü**

► **4-Barometrik Ayar Penceresi;** Meydandaki hava yoğunluğu her zaman standart atmosfer değerinde olmadığı için o andaki meydan basıncı girilerek, doğru yükseklik değeri elde edebilmek amacıyla aletin içine bir kalibrasyon sistemi yerleştirilmiştir. Bu barometrik pencereler, genellikle 28,1 - 31,00 inch/hg veya 950-1050 milibar arasında belirlenmiştir.

► **5-Referans Yükseklik Belirleyici;** Manuel olarak istenilen seviyeye getirilerek yükseklik kontrolü yapılabilir.

► **6-Referans Yükseklik Belirleyicisi Ayarı;** Manuel olarak yükseklik ayarı yapmak için kullanılır.



Cabin Altimeter – Radio Altimeter

Kabin Altimetresi (Cabin Altimeter)

Basınçlandırılmış tüm uçaklarda bulunan kabin altimetresi, kabin basıncını feet olarak yükseklik cinsinden gösterir. **Pilot** bu göstergeye bakarak kabin basıncının limitler içinde olup olmadığını kontrol eder.

Radyo Altimetre (Radio Altimeter)

Radyo dalgaları vasıtasıyla uçağın gerçek yüksekliğinin bulunması amacına hizmet eder. Uçaktan düşey olarak gönderilen dalganın yerden yansıyıp dönme süresinin ölçülmesi ve buna bağlı olarak da uçağın irtifasının bulunması prensibine dayanır.

Küçük boyutlu **verici** ve **alıcı antenleri**, uçak gövdesi veya kanatları altına yerleştirilir. 2500 feet yüksekliğin altında çalışmaya başlar. Uçak yere radyo sinyali gönderir ve gidip gelme süresini hesaplayıp uçakla yer arasındaki gerçek yüksekliği bularak gösterir.

Hava Araçlarında Bulunan Diğer Göstergeler

Kabin Altimetresi (*Cabin Altimeter*)

- Basınçlandırılmış yolcu uçaklarında bulunur ve kabin basıncını feet olarak yükseklik cinsinden gösterir. Kabin basıncıyla çalışır. Göstergeye bakılarak kabin basıncının limitler içinde olup olmadığını kontrol eder.
- Uluslar arası sivil havacılık kurallarına göre uçaklardaki kabin basıncı kalkışta veya inişte belli bir oranın üzerinde artıp / azalmamalıdır. Bu yolcuların rahatsız olmaması için koyulmuş bir kuraldır.

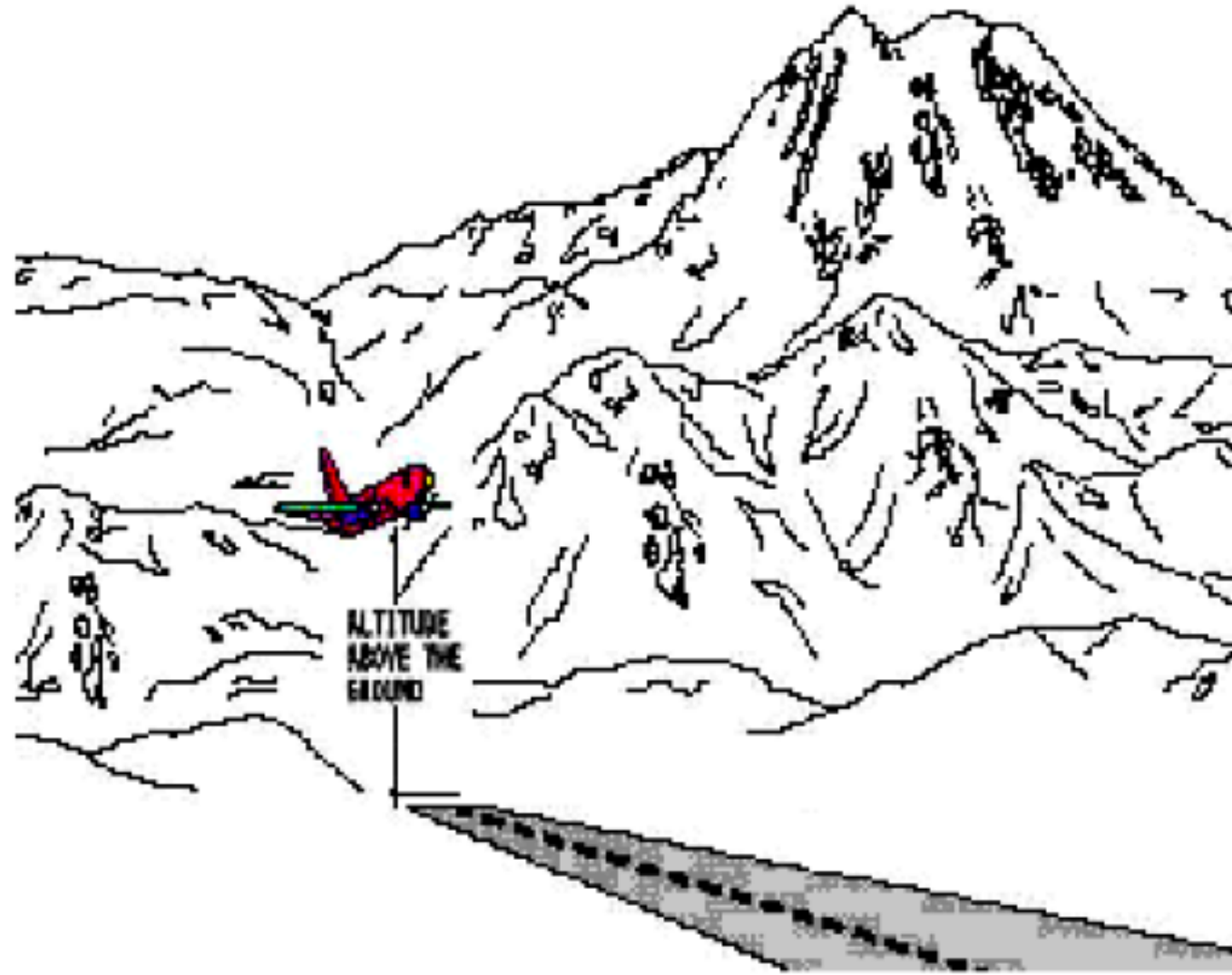


Hava Araçlarında Bulunan Diğer Göstergeler

Radyo Altimetre (*Radio Altimeter*)

- 2500 feet yüksekliğin altında çalışmaya başlar. Uçaktan yere radyo sinyali gönderir ve gidip gelme süresini hesaplayıp uçakla yer arasındaki gerçek mesafeyi/ yüksekliği bulur ve gösterir.





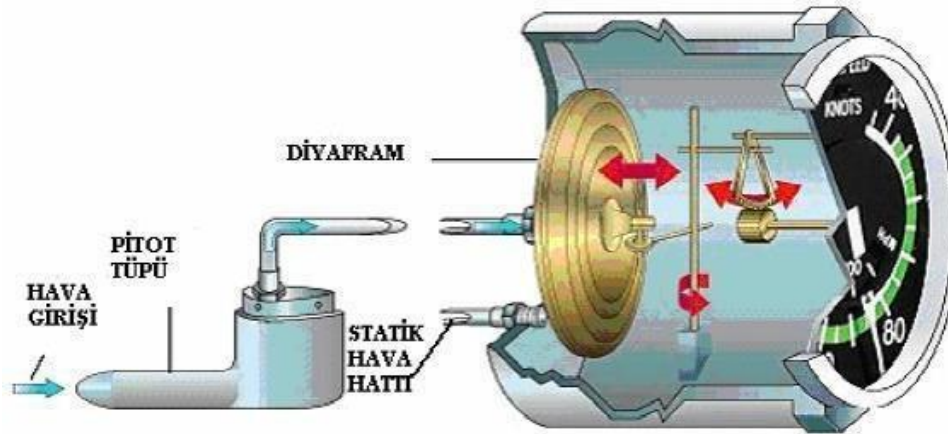
Resim1.6: Radyo altimetrenin çalışması

Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

HAVA HIZI GÖSTERGESİ

Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler Air Speed Indicator (ASI)

- Uçak hareket halindeyken meydana gelen hava akımı pitot tüpünün içinde basınç oluşturur. Pitot tüpünden alınan basınç ile pitot tüpünün yan yüzeyinde veya uçağın gövdesinde bulunan statik basınç deliklerinden gelen basınç arasındaki fark kullanılarak uçağın hava hız göstergesi çalışır.



Şekil 4.1: Hız göstergesi kesiti

Airspeed Indicator (ASI)

The ASI is a sensitive, differential pressure gauge that measures and promptly indicates the difference between pitot (impact/dynamic pressure) and static pressure. These two pressures are equal when the aircraft is parked on the ground in calm air. When the aircraft moves through the air, the pressure on the pitot line becomes greater than the pressure in the static lines. This difference in pressure is registered by the airspeed pointer on the face of the instrument, which is calibrated in miles per hour, knots (nautical miles per hour), or both.

Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler Air Speed Indicator (ASI)

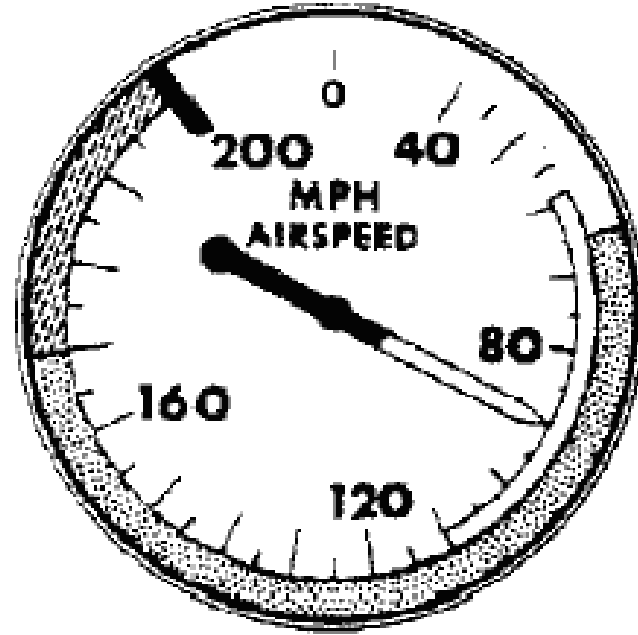
- Hız saati statik hava basıncı ile pitot basıncı arasındaki basınç farkını ölçen diferansiyel basınç göstergesidir. Ana uçuş aletlerinin ilk geliştirilenlerindedir. Hız saatinin görevleri şunlardır:
 - Kalkış için normal sürata ulaştığını bildirir.
 - Uçağı stall süratının üzerinde tutmaya yardımcı olur.
 - Uçak süratının emniyet limitleri dışına çıkması durumunu ikaz eder. (VNE: Velocity Non Exceed)(Aşılmaması Gereken Hız)
 - En uygun uçuş sürati için gaz ayarına yardımcı olur.
 - En iyi tırmanış ve süzülüş açıları hesabına esas teşkil eder.
 - Dalışta sürat artışı, tırmanışta sürat azalması nedeni ile düz uçuş yapılıp yapılmayacağını kontrolünü sağlar.





Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler Air Speed Indicator (ASI)

- Hava hızı deniz mili cinsinden ifade edilir.
- Knot = Deniz mili (1852 m/saat)
- Ayrıca hız göstergesinde, üzerinde kırmızı beyaz çizgiler olan “Barber Pole” ibresi o anki yükseklik, basınç ve sıcaklığa göre maksimum hız sınırını gösterir.
- Gelişmiş uçaklarda pitot-statik bilgileri air data computer (ADC) bölümüne gider. Bu bilgisayar değerlendirme yaparak verileri dijital ekrana yansıtır.



Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler / Hava Hızı Air Speed Indicator (ASI)



- A  SARI BÖLGE
YELLOW ARC
DİKKAT EDİLECEK HIZ ARALIĞI
- B  YEŞİL BÖLGE
GREEN ARC
NORMAL HIZ ARALIĞI
- C  KIRMIZI BÖLGE
RED LINE
TEHLİKELİ, ASLA GEÇME HIZI
- D  BEYAZ BÖLGE
WHITE ARC
FLAP AÇMA HIZ ARALIĞI

Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler Air Speed Indicator (ASI)

- **Mach Airspeed Indicator/Mach Meter (Mach Cinsinden Hız Göstergeleri)**
- Uçağın hızını, o bölgedeki ses hızına göre gösteren bir göstergedir.
- **MACH No = GERÇEK HAVA HIZI /SES HIZI** 'dır.
- Deniz seviyesinde 1 Mach = 340 metre/saniye = 1224 km/saat = 661 Knot (Deniz Mili) / Saat'dir.
- Yükseklik arttıkça yoğunluk azalacağından ses hızı düşer.

Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler Air Speed Indicator (ASI)

- Mach Meter bu yüzden normal hız ölçerden farklı olup pitot borusundan gelen dinamik basıncı kullanarak ve statik porttan gelen statik basınçtan o ortamdaki Mach nu'sunu hesaplayarak ve aynı zamanda dinamik ve statik basınç farklarını kullanarak Mach nu'sunu gösterir. Normal hız göstergelerinde gösterge kutusunun içinde bir diyafram olduğu halde Mach göstergesinde diyaframa ek olarak içinde hava olmayan kapalı bir diyafram (aneroid) daha vardır. Yüksek irtifada uçan uçaklarda pilotlar hız için bu göstergedeki Mach Meter hızını esas alarak uçarlar.
- Deniz seviyesinde $1 \text{ Mach} = 1224 \text{ km / sn} = 661 \text{ Knot}$
- 10 000 feet'de $1 \text{ Mach} = 1177 \text{ km / sn} = 636 \text{ Knot}$
- 30 000 feet'de $1 \text{ Mach} = 1087 \text{ km / sn} = 587 \text{ Knot}$
- 40 000 feet'de $1 \text{ Mach} = 1037 \text{ km / sn} = 560 \text{ Knot}$

1.1.2. Hız Göstergesi

Hız saati statik hava basıncı ile pitot basıncı arasındaki basınç farkını ölçen diferansiyel basınç göstergesidir. Ana uçuş aletlerinin ilk geliştirilenlerindedir.



Resim 1.7: Hız göstergesi

Hız saatinin görevleri:

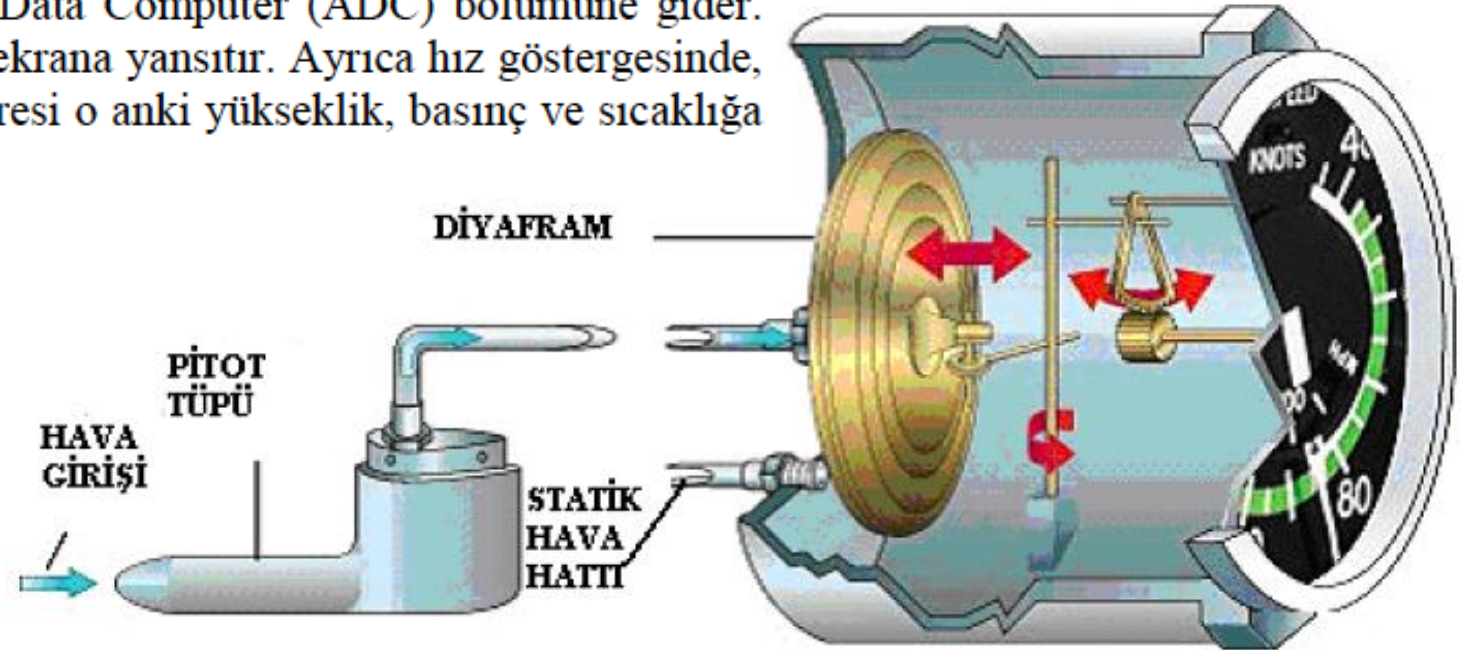
- Kalkış için normal sürata ulaştığını bildirir.
- Uçağı stall süratının üzerinde tutmaya yardımcı olur.

- Uçak süratının emniyet limitleri dışına çıkması durumunu ikaz eder.
- En uygun uçuş sürati için gaz ayarına yardımcı olur.
- En iyi tırmanış ve süzülüş açıları hesabına esas teşkil eder.
- Dalışta sürat artışı, tırmanışta sürat azalması nedeni ile düz uçuş yapılıp yapılmayacağı kontrolünü sağlar.

Hava hızı deniz mili cinsinden ifade edilir.

Knot: Deniz Mili (1852 m/saat)

Gelişmiş uçaklarda pitot-statik bilgileri Air Data Computer (ADC) bölümüne gider. Bu bilgisayar değerlendirme yaparak verileri LCD ekrana yansıtır. Ayrıca hız göstergesinde, üzerinde kırmızı beyaz çizgiler olan Barber Pole ibresi o anki yükseklik, basınç ve sıcaklığa göre maksimum hız sınırını gösterir.



Resim 1.8: Hız göstergesi kesiti

Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

VARYOMETRE

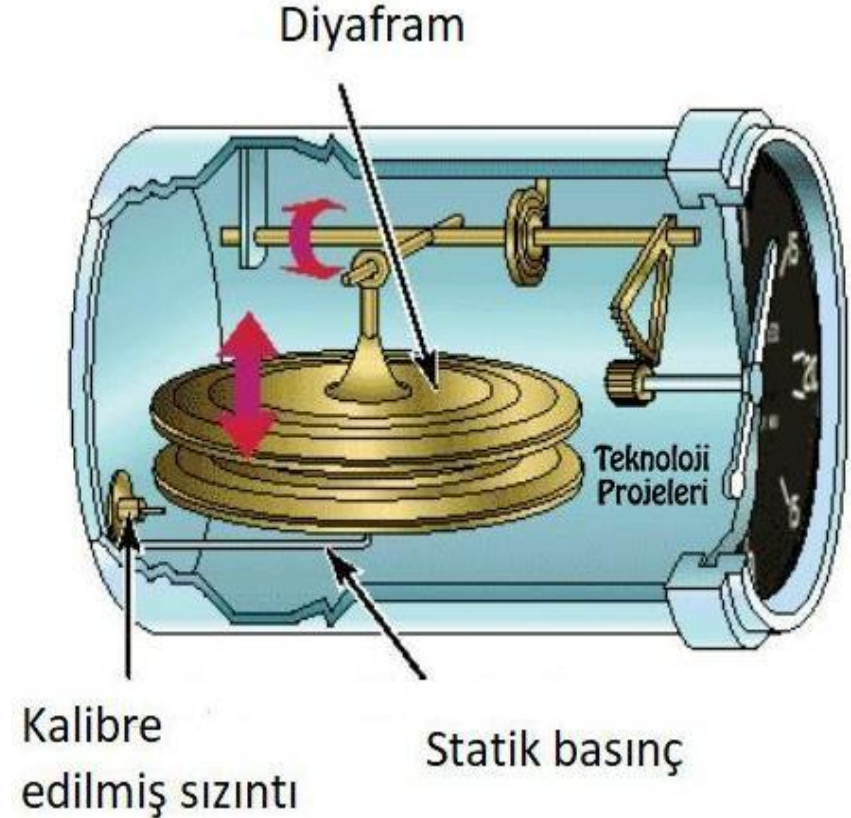
Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler Dikey Hız Göstergesi-Varyometre (Vertical Speed Indicator)

- Uçağın yükselme ve alçalmasını feet/dakika olarak gösteren dikey hız göstergesi statik sistemle çalışır.
- Gösterge gecikmeli çalıştığı için yükselme ve alçalma değerleri birkaç saniye (6-9 saniye) sonra belli olur. Bu nedenle alçalma ve yükselme oranlarını takip etme daima ikinci önceliktedir.
- Motor çalıştırdıktan sonra ibrenin "0" değerini gösterdiği kontrol edilir.
- Gösterge uçağın alçalma ve yükselme değerlerini 1000 feet/dakika olarak gösterir. En küçük değer 100 feet/dakikadır.



Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler Dikey Hız Göstergesi- Varyometre (Vertical Speed Indicator)

- Aletin hassas elemanı olan diyafram alet kasasının içine yerleştirilmiştir. Yükseklik değiştikçe atmosferik basınç değişir. Alet mekanizması difüzör valf denilen ölçülendirilmiş bir delik düzeni bir basınç hassas elemanı, diyaframın hareketini ibreye aktaran lüzumlu mekanik bağlantılardan meydana gelmiştir. Bu mekanizma hava geçirmez bir kasa içindedir. Bu kasa pitot statik sistemin statik hattına bağlıdır. Uçak yükselirken veya alçalırken diyafram dışındaki hava basıncı diyafram içindekinden farklıdır.



Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler Dikey Hız Göstergesi-Varyometre (Vertical Speed Indicator)

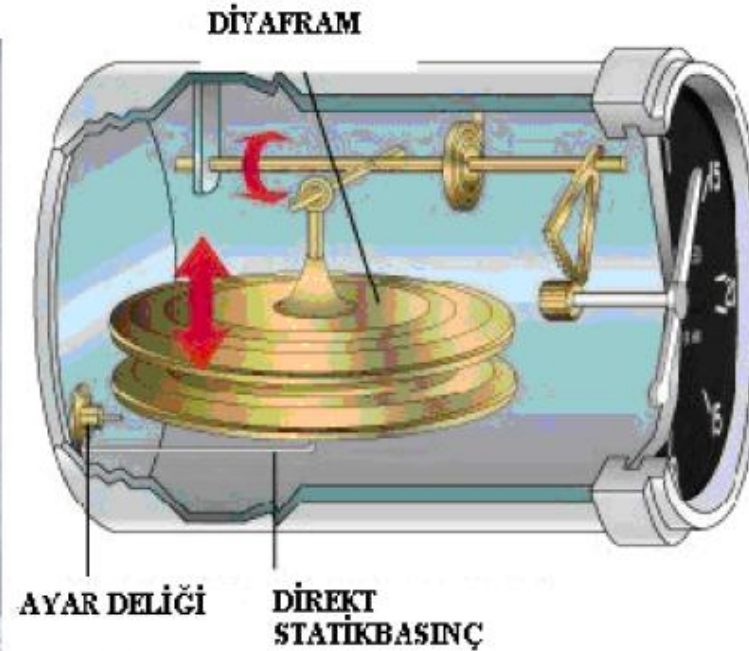
- Difüzör valf kasa içindeki basıncın diyafram içindeki basınç ile eşzamanlı değişmesini geciktirerek basınç farkını sağlar. Gecikmeden dolayı basınç farkı, alçalırken diyaframın genişlemesine yükselirken daralmasına sebep olur. Diyaframın bu hareketi ileri geri hareket eden milin dişlilerinin hareketini sağlar. Bunların dönüleri gösterge ibresini hareket ettirir.
- Uçak yerde ve düz uçuştayken hassas diyafram içindeki ve dışındaki basınç aynı olduğundan ibre “0”da durur. Tırmanış esnasında atmosfer basıncı azalır diyafram içindeki hava boşalacağından diyafram basıncı azalır. Bu durumda kasanın içindeki basınç daha fazla olur. Diyafram basıncının azalması ibrenin yükseliş kısmını hareket ettirir. Diyafram büzülür ve ibre UP (tırmanış) gösterir.

1.1.3. Dikey Hız Göstergesi (Varyometre)

Statik basınç sistemine bağlı olarak çalışan bu gösterge dakikada feet olarak yükselme veya alçalma hızını yani dikey hızı gösterir. Uçakta iki tane olup kaptan ve yardımcı pilot gösterge panelindedir. Cihazın arkasındaki bir konektörden gelen elektrik ile gece uçuşlarında skalanın rahat okunabilmesi için cihazın içindeki 5 voltluk ampuller beslenir.



Resim 1.10: VSI



Resim 1.11: VSI Kesiti

Varyometre feet/dakika olarak uçağın tırmanış ve alçalış hareketini gösterir. Pitot statik sistemin statik basınç tüpüne bağlı üç uçuş aletinden biridir. Pilot, alet uçuşu ve eğitim uçuşunda varyometreyi uçağın yunuslama durumunu kontrolde kullanılır.

Aletin üst kısmında yükselme miktarını alt kısmında alçalma miktarını gösterir. Kadrandaki işaretler feet/dakika olarak işaretlenmiştir

Kadran 0-6000 feet/dak arası tırmanış veya süzülüş veya 0-200 feet/dak arası tırmanış, süzülüş gösterir.

Aletin sol altındaki vida ibreyi sıfırlamada kullanılır. Aletin hassas elemanı olan diyafram alet kasasının içine yerleştirilmiştir. Yükseklik değiştikçe atmosferik basınç değişir. Alet mekanizması difizör valf denilen ölçülendirilmiş bir delik düzeni bir basınç hassas elemanı, diyaframın hareketini ibreye aktaran lüzumlu mekanik bağlantılardan meydana gelmiştir. Bu mekanizma hava geçirmez bir kasa içindedir. Bu kasa pitot statik sistemin statik hattına bağlıdır. Uçak yükselirken veya alçalırken diyafram dışındaki hava basıncı diyafram içinden farklıdır.

Difizör valfi kasa içindeki basıncın aynı değişmesini geciktirerek basınç farkını sağlar. Gecikmeden dolayı basınç farkı, alçalırken diyaframın genişlemesine yükselirken daralmasına sebep olur. Diyaframın bu hareketi ileri geri hareket eden milin dişlilerinin hareketini sağlar. Bunların dönüleri gösterge ibresini hareket ettirir.

Uçak yerde ve düz uçuştayken hassas diyafram içindeki ve dışındaki basınç aynı olduğundan ibre "0"da durur.

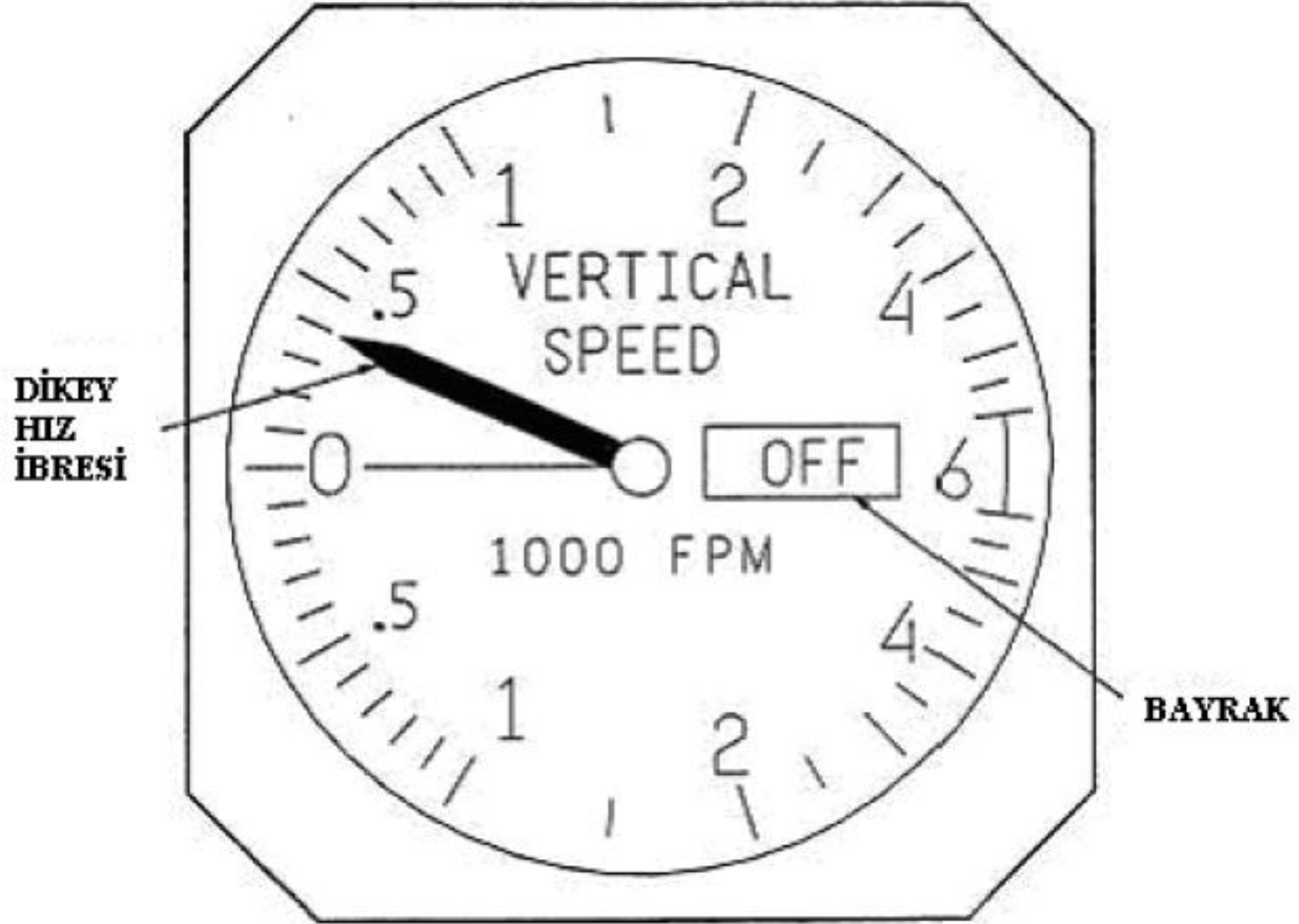
Varyometre

Tırmanış esnasında atmosfer basıncı azalır diyafram içindeki hava boşalacağından diyafram basıncı azalır. Bu durumda kasanın içindeki basınç daha fazla olur. Diyaframın basıncının azalması ibrenin yükseliş kısmını hareket ettirir. Diyafram büzülür ve ibre UP (tırmanış) gösterir.

Süzülüşte alet içindeki basınç düşecek diyafram şişeceğinden ibrede 0'ın altında bir değer görürüz.

Uçak alçalırken atmosfer basıncı artar ve diyaframın içindeki basınç kasanın içindeki basınçtan daha yüksek olur. Bu durumda diyafram genişler ve ibre “DOWN” (dalış) gösterir.

Varyometre



Pitot Statik Sistemle Çalışan Göstergeler Dikey Hız Göstergesi- Varyometre (Vertical Speed Indicator)

- Süzülüşte alet içindeki basınç düşecek diyafram şişeceğinden ibrede 0'ın altında bir değer görürüz. Uçak alçalırken atmosfer basıncı artar ve diyaframın içindeki basınç kasanın içindeki basınçtan daha yüksek olur. Bu durumda diyafram genişler ve ibre “DOWN” / DN (dalış) gösterir. Tırmanışta, uçak yükselirken diyafram daralır ve ibre “UP” (yükseliş) gösterir.

Örnek Video: Pitot Statik Alet Sistemi

Pitot Statik Sistem Alet ve Göstergeleri

https://www.youtube.com/watch?v=kdFGbUouE_4

00:00 – 08:13

(Pitot-Static Instruments)

Örnek Video: Pitot Statik Alet Sistemi

Pitot Statik

(Pitot-Static Instruments)



Gyro / Jiroskop

Jiroskop ilkesi ile çalışan aletler modern uçaklarda kullanılmaktadır. Pilotun uçak dışındaki sabit referans noktalarını görememesi durumunda kendi duyularına dayanarak uçağın konumunu tam olarak bilmesi mümkün değildir. Jiroskoplar suni referanslara dayanarak diğer uçak aletleriyle birlikte çalışarak konum ve yön bilgisini tespit eder.

Gyro / Jiroskop

- Birbirleri içinde iki noktadan birbirine dik olarak yataklanmış çemberler veya silindirik parçaların oluşturduğu mekanizmaya **gyro** denir. Kendi eksenini etrafında yüksek devirle dönen balanslı bir rotordur.

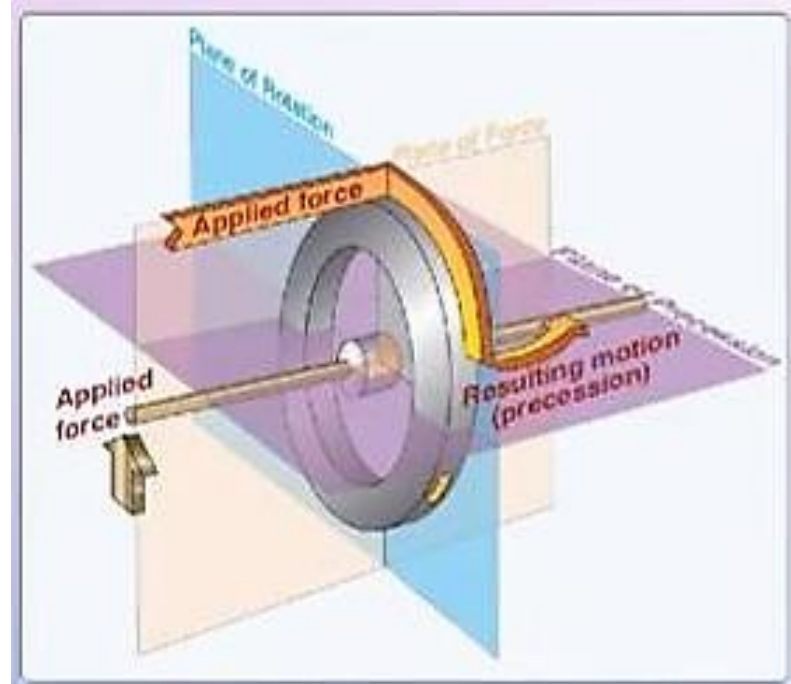


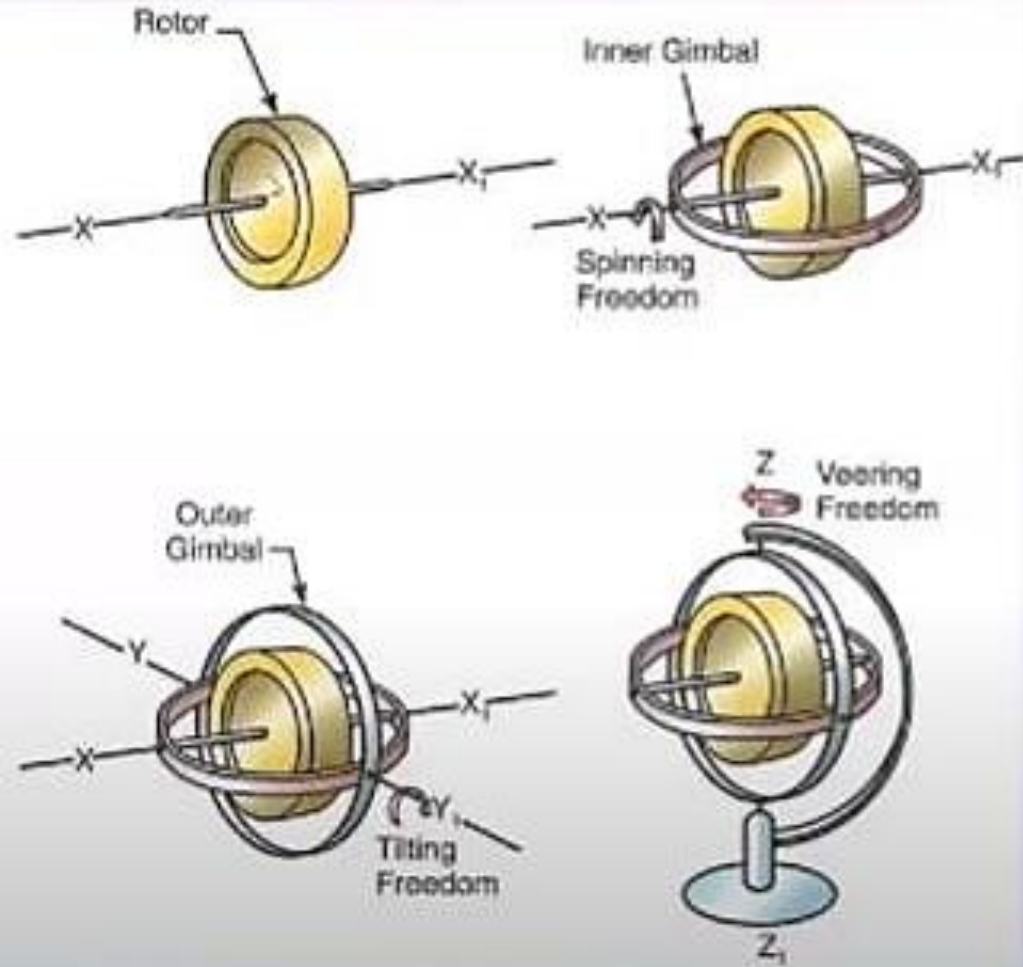
Jiroskop Nasıl Çalışır?

- Rotorun montaj şekline göre iki cayroskopik esastan birine bağlı olarak çalışır. Bunlar;
- **Rigidity (sabitlik)** : Gyro rotorunun dönüş yönünü koruması, değiştirmek istememesi özelliğidir. Gyro konumunu korurken uçak Gyronun etrafında hareket eder. Kendi eksenini etrafında yüksek devirle dönen bir rotor dönüş düzlemini uzaya göre muhafaza eder. Bu durumda Gyro rotoru üç ekseninde çember içine monte edilmiştir. Uçağın üç eksenindeki hareketleri esnasında rotor durumunu bozamaz.
- Uçaklarda gyrolar elektrikle veya pnömatik olarak çalışır. Dönme eksenini birbirine eklemlerle bağlı iki çemberden oluşan destekler üzerinde sürtünmesiz askılarla bağlanmıştır. Rotor hızla dönerken gyroskop eksenini yer eksenine göre değişmez bir konum alır. Suni ufuk ve directional gyro (dönüş koordinatörü) bu prensiple çalışır.

Jiroskop Nasıl Çalışır?

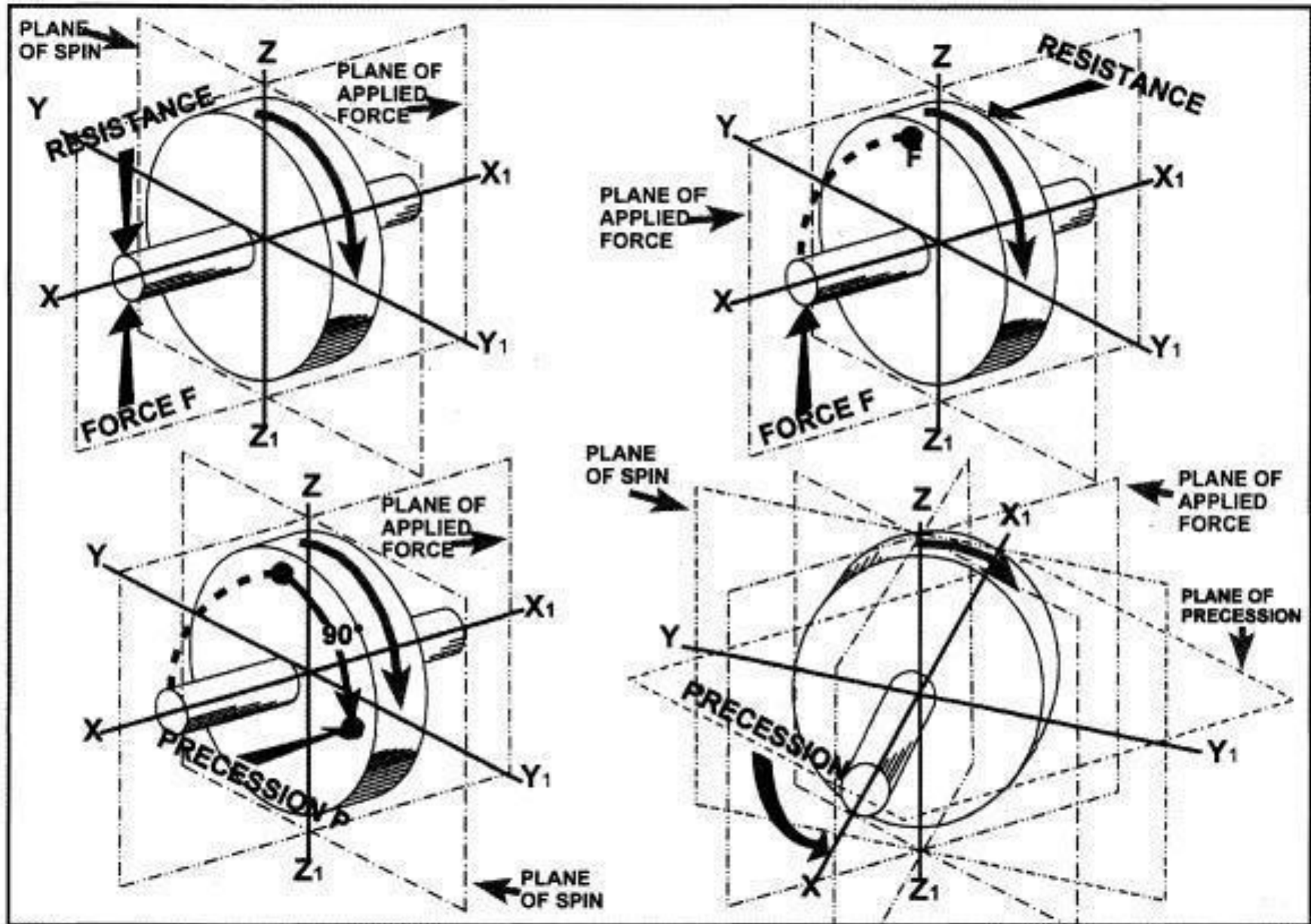
- **Precession:** Kendi eksenini etrafında yüksek devirle dönmekte olan bir gyro rotoruna dönme eksenini üzerinden bir kuvvet uygulandığında dönüş yönünün 90° ilerisinde ters yönde bir kuvvet oluşur. Bu durumda Gyro rotoru iki eksende çember içine monte edilmiştir. Dönüşlerde rotor sabit kalmayıp dönüş yönünün tersine doğru yatacaktır. Rate of turn (dönüş kayış) göstergeleri bu şekilde çalışır.





Hizalanmış eksenler şunları sağlar:

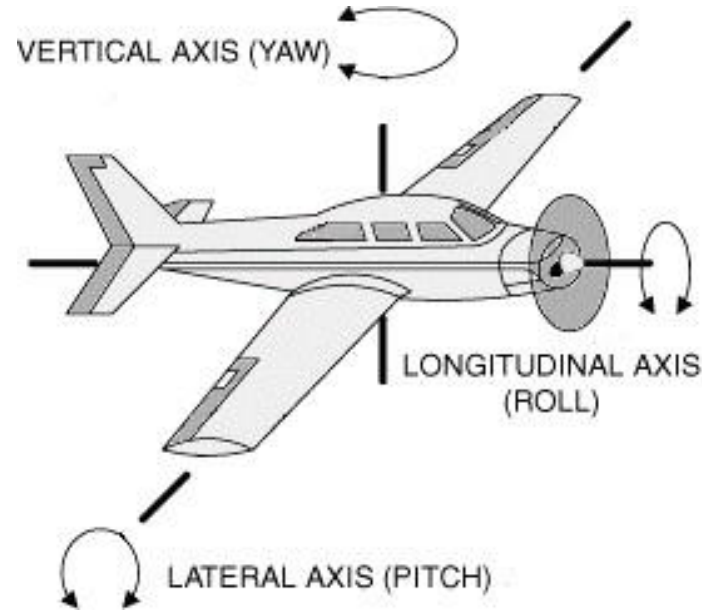
- Dönme Serbestisi: Dönme ekseninde dönme ($XX,$)
- Devrilme Serbestisi: Dikey düzlemin döndürme ekseninde dönme ($YY,$)
- Sapma Serbestisi: Yatay düzlemin döndürme ekseninde dönme ($ZZ,$)



Uçağın Temel Hareketleri

Uçak havada üç ana eksende hareket eder. Bunlar:

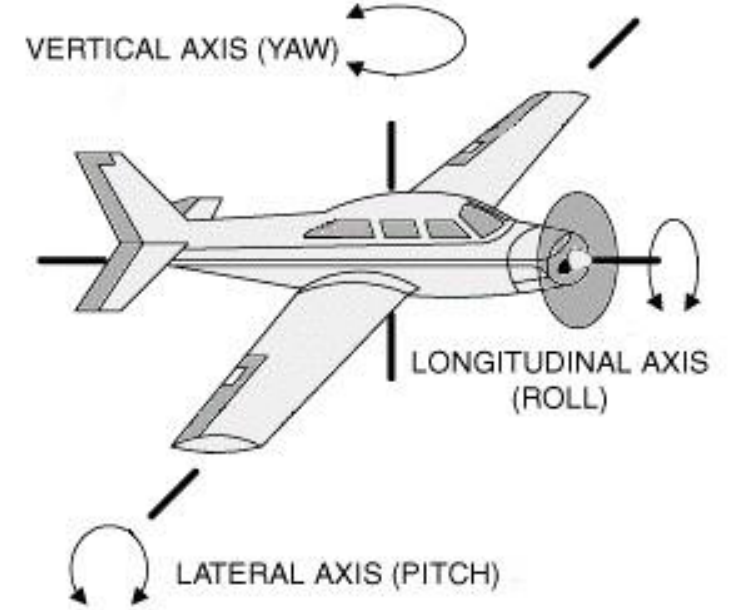
- Uçuş yönünde burnun aşağı ve yukarı doğru yaptığı hareketler (PITCH),
- Kanatların aşağı ve yukarı yaptığı hareketler (ROLL),
- Gövdenin sağa ve sola yaptığı hareketler (YAW),



Uçağın Temel Hareketleri

Bu hareketlerden:

- Pitch hareketi yükseklik dümeni (elevator),
 - Roll hareketi kanatçıklar (ailerons),
 - Yaw hareketi yön dümeni (rudder) ile kontrol edilir.
-
- Uçağın üç ana eksenindeki (pitch, roll, yaw) hareketleri, motorun çalışma kontrolü ve seyrüseferin doğru olarak yapılmasını sağlamak için kokpit ön panelinde yer alan göstergeler üç ana grupta sınıflandırılırlar.



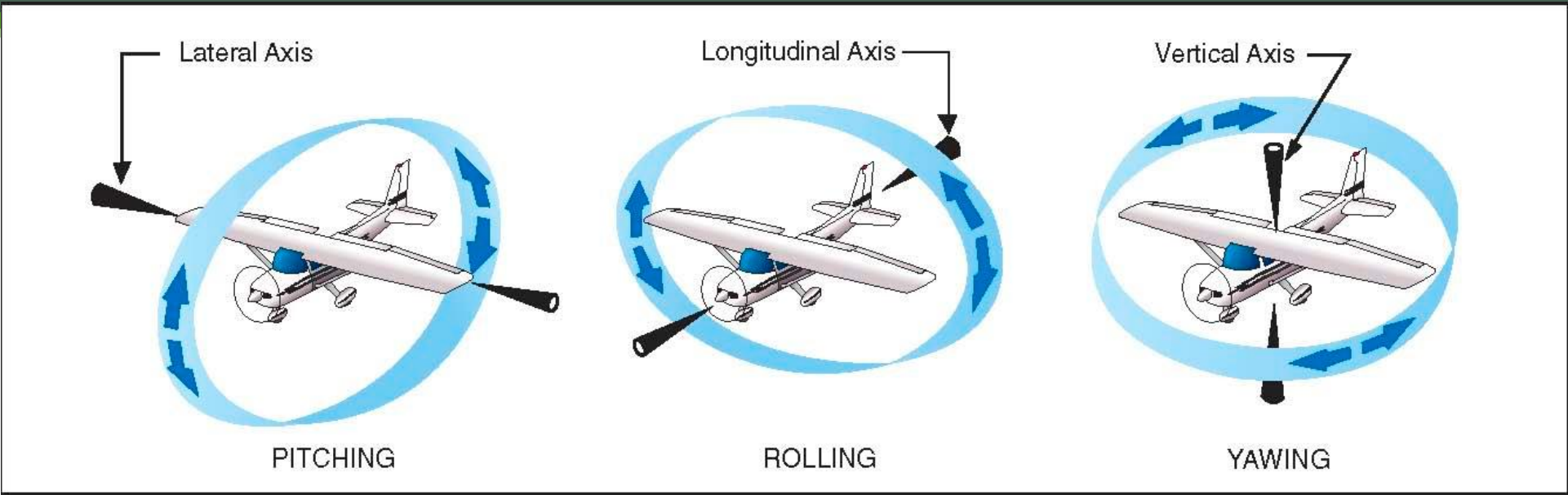


Figure 3-9. Axes of an airplane.

Boylamsal Eksen: Bir uçağın ağırlık merkezinden geçen burnundan kuyruğuna uzanan eksendir. Uçağın bu eksen etrafında yaptığı harekete **(Roll)** yatış hareketi denir.

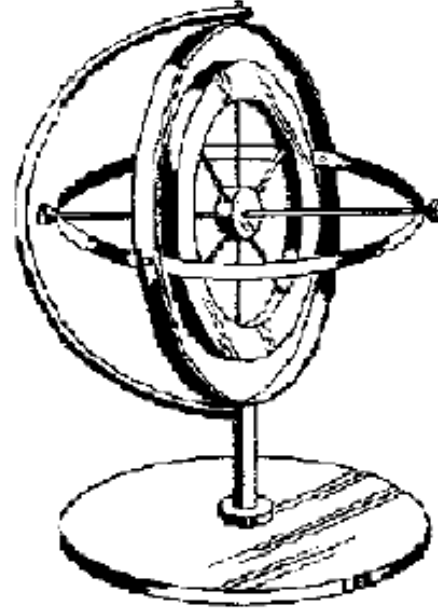
Uçağın bu eksen etrafında yaptığı hareketler aileron, elevon veya spoiler ile kontrol edilir.

Yatay Eksen: Uçağın ağırlık merkezinden geçerek bir kanat ucundan diğer kanat ucuna doğru uzanan eksendir. Bir uçağın bu eksen etrafında yaptığı harekete **(Pitch)** yunuslama denir. Uçağın bu eksen etrafında yaptığı yunuslama hareketi, irtifa dümeni (elevator), hareketli yatay stabilize (stabilizator) ve bazı uçaklarda elevonlar tarafından kontrol edilir.

Dikey Eksen: Uçağın ağırlık merkezinden geçerek gövde üst kısmından gövde alt kısmına uzanan eksendir. Bir uçağın dikey eksen etrafında yaptığı harekete **(Yaw)** Dönme hareketi denir. Uçağın dikey eksen etrafındaki hareketi (rudder) istikamet dümeni tarafından sağlanır.

1.2. Jiroskop (Gyroscope)

Modern uçaklarda jirooskopik prensiple çalışan göstergeler kullanılmaktadır. Pilot uçağın dışında sabit bir şey göremezse kendi hisleriyle uçağın konumunu tam olarak bilemez. Gyrolar suni referanslara dayanarak bazı uçak aletleriyle birlikte çalışırlar. Bu aletler sayesinde uçağın konumu ve yönü tespit edilir.

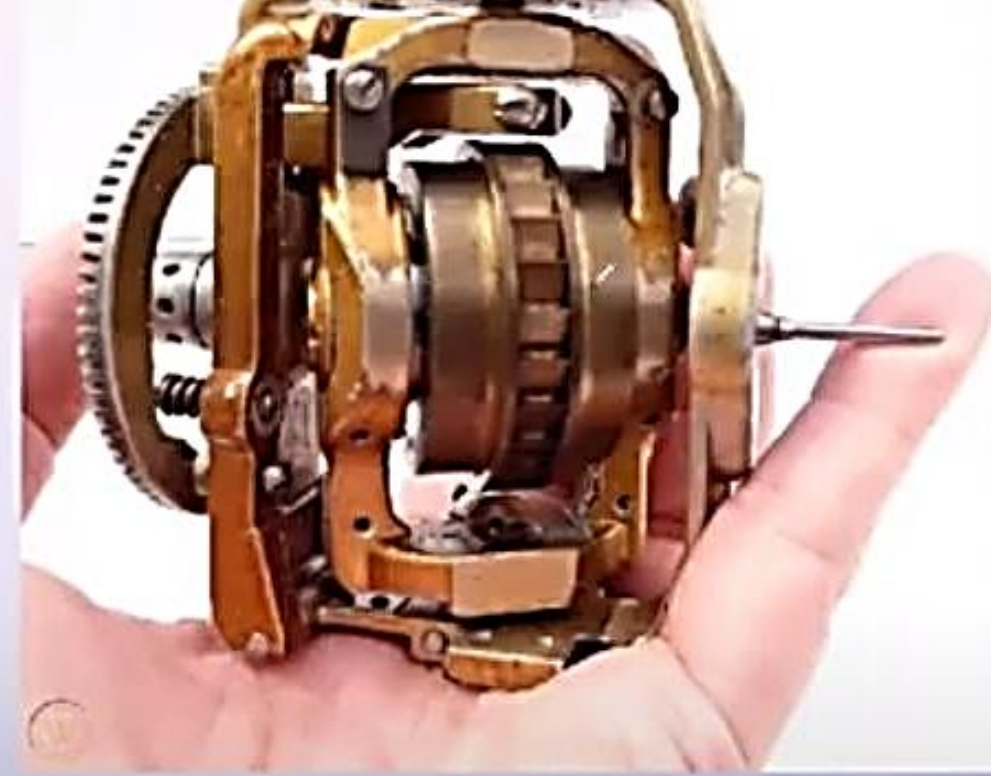
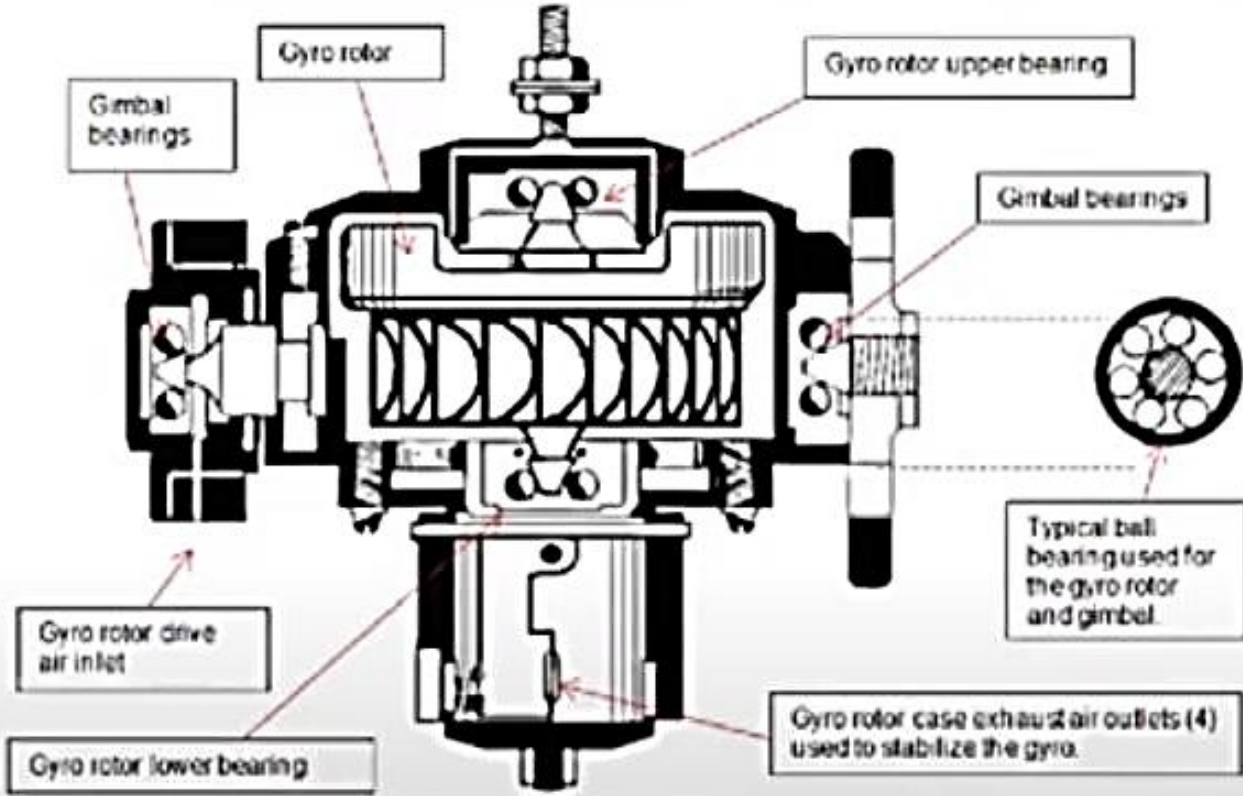


Resim 1.13: Gyroscope

Şekilde basitleştirilmiş olarak gösterilen birbirleri içinde iki noktadan birbirine dik olarak yataklanmış çemberler veya silindirik parçaların oluşturduğu mekanizmaya gyro denir. Kendi eksenini etrafında yüksek devirle dönen balanslı bir rotordur. Rotorun montaj şekline göre iki gyroskopik esastan birine bağlı olarak çalışır. Bunlar;

- Rigidity: Gyro rotorunun dönüş yönünü koruması değiştirmek istememesi özelliğidir. Gyro konumunu korurken uçak Gyronun etrafında hareket eder. Kendi ekseni etrafında yüksek devirle dönen bir rotor dönüş düzlemini uzaya göre muhafaza eder. Bu durumda Gyro rotoru üç ekseninde çember içine montaj edilmiştir. Uçağın üç etrafındaki hareketi esnasında rotor durumunu bozmaz.
- Uçaklarda gyrolar elektrikle veya pnömatik olarak çalışır. Dönme ekseni birbirine eklemlerle bağlı iki çemberden oluşan destekler üzerinde sürtünmesiz askılarla (gelişmiş gyrolarda elektromanyetik yataklı) bağlanmıştır. Rotor hızla dönerken gyroskop ekseni yer eksenine göre değişmez bir konum alır. Suni ufuk ve directional gyro (dönüş koordinatörü) bu prensiple çalışır.
- Precession: Kendi ekseni etrafında yüksek devirle dönmekte olan bir gyro rotoruna dönme ekseni üzerinden bir kuvvet uygulandığında dönüş yönünün 90° ilerisinde ters yönde bir kuvvet oluşur. Bu durumda Gyro rotoru iki ekseninde çember içine monte edilmiştir. Dönüşlerde rotor sabit kalmayıp dönüş yönünün tersine doğru yatacaktır. Rate of turn (dönüş kayış) göstergeleri bu şekilde çalışır.

Hava Tahrikli Gyro



Bu tip, küçük uçaklarda yaygın olarak kullanılır ve bazı büyük uçaklarda yedek (standby) veya acil durum aletlerini çalıştırmak için bulunur

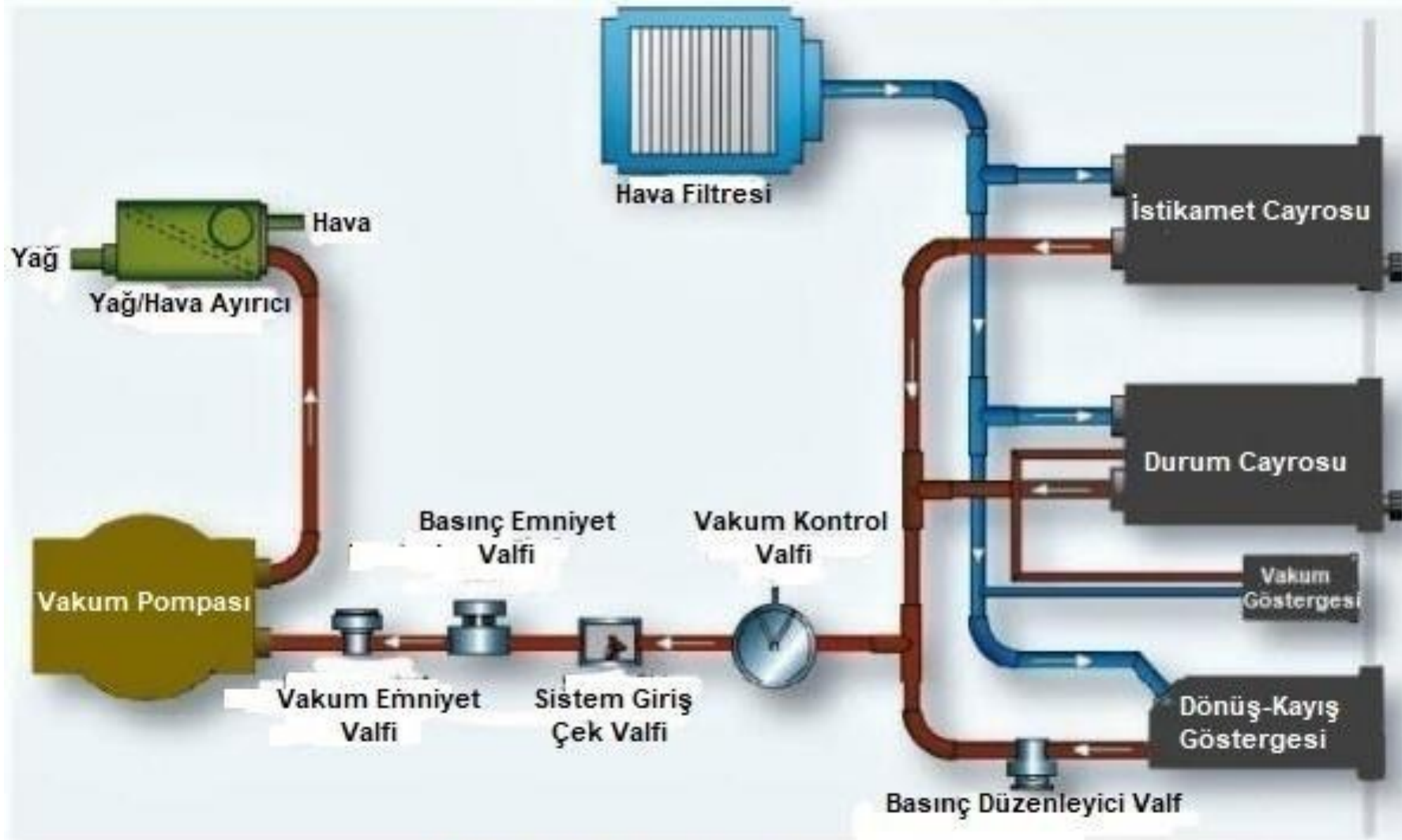
Hava Tahrikli Gyro'ların Dezavantajları

- Rotor hızı istenilen değere yükselene kadar tam rijitliğe ulaşamaz.
- Rotorun hızı, sistemden akan hava kütlesine (kütle akışı) bağlıdır.
- Hava tahrikli jiroskobun büyük bir dezavantajı, giriş borularının iç ve dış yalpa halkası eksenlerinden geçtiği yerlerde hava geçirmez bağlantılar sağlama ihtiyacıdır, bu da bu eksenler etrafındaki serbestlik derecesini ciddi şekilde sınırlar.
- Yutulan toz veya nem, korozyona ve yatak aşınmasına neden olur.

Hava Tahrikli Gyro'ların Avantajları

- Ucuzlar.
- Bakımı kolaydır.
- Acil bir durumda elektrik enerjisi olmadan çalışabilirler.

Hava Tahrikli Cayroskopik Sistem Şematik Görünümü



Vakum Sisteminin Şematik Görünümü

Elektrikli Gyro

- Rotor 115V AC, 400 Hz, 3 faz gerilimle çalışır. Rotorun dakikadaki devir sayısı gyro tipine göre 12000 RPM ile 24000 RPM arasındadır. Rotor normal çalışmada 3-5 dakikada devrini alır. Gerilim kesildiğinde rotorun durması için 10-15 dakika beklenir. Gyrolar çok hassas alet olduklarından taşınmaları sırasında çok dikkat edilmelidir.

Elektrikli Gyro



3 fazlı bir sincap kafesli endüksiyon motorudur

AC yada 24 VDC kaynaktan beslenebilir

Rotor, yaklaşık 24000 d/dak'da döner

Elektrikle Çalışan Gyro'ların Avantajları

- Daha yüksek rijitlik mümkündür.
- Çalışma devirleri daha tutarlı.
- Performansları irtifadan etkilenmez.
- Bilgiler diğer sistemlere kolaylıkla iletilebilir.
- Eksenleri etrafında dönme özgürlüğü daha fazladır.
- Alet kasası tamamen sızdırmazdır, kiri dışarıda bırakır ve ayrıca gerektiğinde bileşenlerin sabit bir sıcaklıkta tutulmasına izin vererek ısıtma/soğutma etkilerini önler.

Elektrikle Çalışan Gyro'ların Dezavantajları

- Güç beslemelerine bağlı olarak, yedek hava tahrikli alternatifleri takılır.
- Hava ile çalışan jiroskoplardan daha pahalıdırlar.

Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

SUNİ UFUK ve DURUM GÖSTERGESİ

1.2.5. Vertical Gyro (Durum jiroskopu)

Vertical gyro uçağın pitch ve roll kumandalarını hissedip sinkrolar vasıtasıyla konum yön göstergesine (ADI), Flight Director, otopilot ve radar sistemine bilgi verir.

Gyro rotoru 115 V AC, 400 Hz, 3 faz gerilimle çalışır. Rotor dönüş eksenini arza dik olup dakikada 11000 RPM hızla döner. Yaklaşık olarak 3 dakikada normal devrini alır. Circuit breaker'ı (sigorta) P18 panelindedir. Rotor 3 çerçeve içine monte edilmiş olup Rigidity prensibine göre çalışır. Cihaz üzerindeki ok uçağın burnunu gösterecek şekilde monte edilmesi gereken jiroskop, aviyonik kompartımanına yerleştirilmiştir.

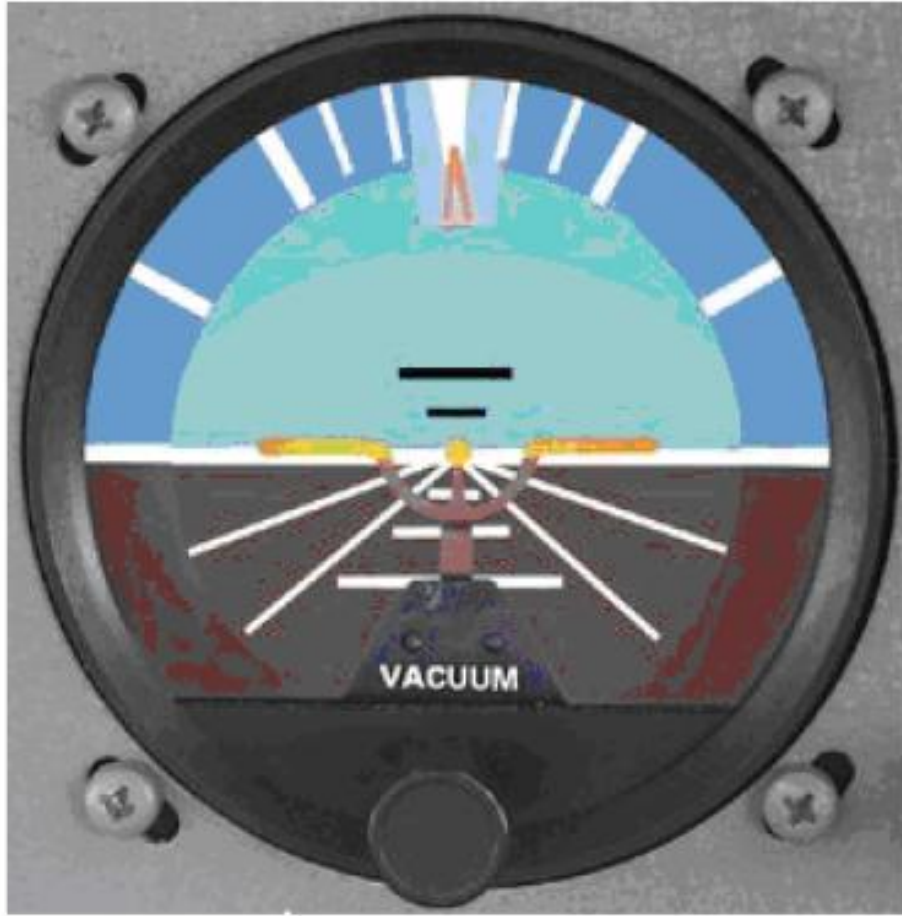


Resim 1.22: Gösterge sistemlerinin yerleşimi

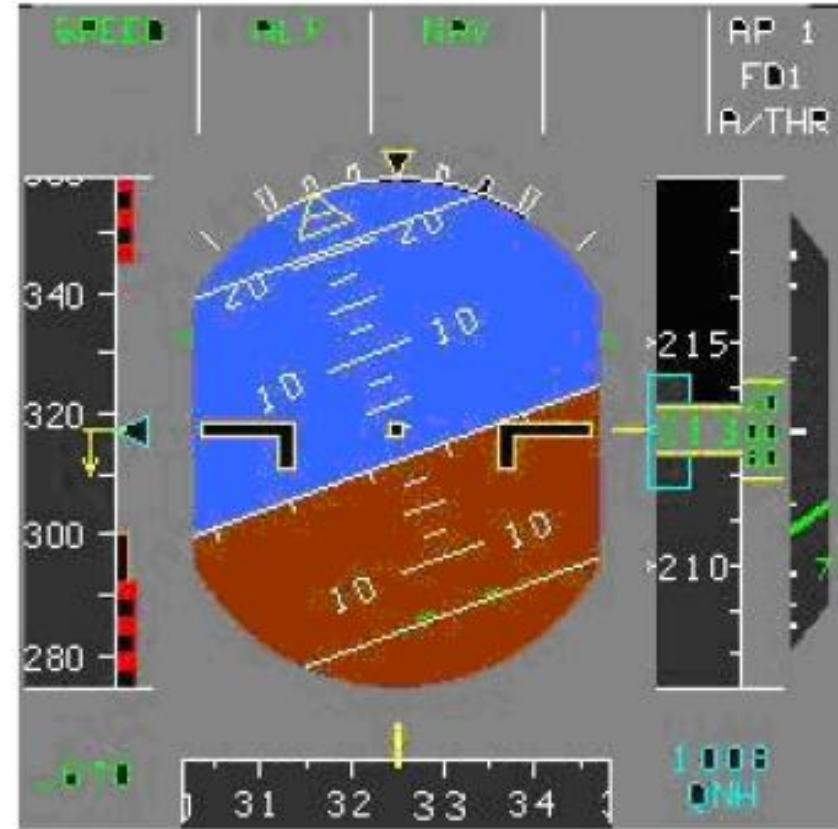
1.2.1. Suni Ufuk (Standby Horizon)

Bu göstergede gyro rotoru dönmeye başladıktan sonra ufuk çizgisini ve yeryüzünü temsil eden çizgi ve şekiller uçağın havadaki pozisyonu ne olursa olsun gerçek ufuk çizgisine paralel kalır. Bu da özellikle görme koşullarının bozuk olduğu havalarda pilota en büyük referanstır. Bu gösterge aynı anda uçağın pitch ve roll konumlarını ve flagler (bayrak) yardımıyla gyro devrelerinin arızalarını gösterir. Bu cihazın içindeki gyro arka plandaki gökyüzünü temsil eden mavi, yeryüzünü temsil eden kahverengi yüzeyi hep yeryüzüne paralel tutar ve bu ikisinin birleşme çizgisi gerçek ufku yansıtır.

Cage knob'ı herhangi bir anda kendimize doğru çektiğimizde, gyronun düzeltme zamanını azaltmış oluruz. Yaklaşık 30 saniyedir. Gyro sabit bir yatay referansa tamburun dengesini sağlar. Minyatür bir uçak sembolü yatay referans için pitch ve roll konumlarını gösterir. Roll skalası kasanın üst yarım tarafı üzerinde, pitch skalası ise tamburun üzerinde gösterilmiştir.



ESKİ TİP UÇAKLARDA KULLANILAN TİP



GÜNÜMÜZ UÇAKLARINDA KULLANILAN TİP (PFD)

Resim 1.17: Suni ufuk

Cayroskopik Sistemle Çalışanlar Göstergeler Suni Ufuk-Durum Cayrosu (Attitude Indicator)

- Ufka göre olan pitch ve roll hareketini gösteren ve cayroskopik sistemle çalışan bir göstergedir. Cayroskopik sistem kısaca; cayroskop, vakum veya elektriğin kullanıldığı bir çalışma düzenidir.
- Günümüz durum cayroları son derece doğru çalışan bir gösterge olup, uçağın 360 derece roll ve +/- 90 derece pitch hareketini güvenilir bir şekilde ve gecikmeksizin gösterir.
- Göstergenin ortasında yer alan beyaz çizgi ufku ve "W" uçağı temsil eder. "W"nin ortasında bulunan küçük küre referans noktası olarak kullanılır. Pitch hareketinde küçük çizgiler 5, büyük çizgiler 10 derecelik değerleri, roll hareketinde küçük çizgiler 10 büyük çizgiler 30 derecelik değerleri gösterir.
- Durum cayrosu normal çalıştığında, kırmızı renkli ve üzerinde "OFF" yazan uyarı işareti görülmez.



Cayroskopik Sistemle Çalışanlar Göstergeler Suni Ufuk-Durum Cayrosu (Attitude Indicator)

- Bu göstergede gyro rotoru dönmeye başladıktan sonra ufuk çizgisini ve yeryüzünü temsil eden çizgi ve şekiller uçağın havadaki pozisyonu ne olursa olsun gerçek ufuk çizgisine paralel kalır. Bu da özellikle görme koşullarının bozuk olduğu havalarda pilota en büyük referanstır. Bu gösterge aynı anda uçağın pitch ve roll konumlarını ve flagler (bayrak) yardımıyla gyro devrelerinin arızalarını gösterir. Bu cihazın içindeki gyro arka plandaki gökyüzünü temsil eden mavi, yeryüzünü temsil eden kahverengi yüzeyi hep yeryüzüne paralel tutar ve bu ikisinin birleşme çizgisi gerçek ufku yansıtır.

Cayroskopik Sistemle Çalışanlar Göstergeler Suni Ufuk-Durum Cayrosu (Attitude Indicator)

- Rotorun hızı 23000 RPM'dir (dakikadaki devir sayısı). Yaklaşık olarak 3 dakikada devrini alır. 10 dakikada durur. Pitch skalası dalışlar için gri, tırmanışlar için mavi üzerine beyaz işaretler arasında derecelendirilmiştir. Cihazın arkasına 24 pinli connector (bağlantı soketi) monte edilmiştir. Gösterge 4 vida vasıtasıyla tutturulmuş ve 5°lik eğimli bir açıyla cihaz paneli üzerine yerleştirilmiştir.



Climbing left bank



Straight climb



Climbing right bank



Level left bank



Artificial horizon

Adjustment knob



Level right bank



Descending left bank



Straight descent



Descending right bank

Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

YATIŞ ve DÖNÜŞ GÖSTERGESİ

1.2.6. Turn And Slip Indicator (Yatış Ve Dönüş Göstergesi)

Bu gösterge pilota savrulmadan, kaymadan, dengeli ve koordineli bir dönüş yaptırarak bilgileri verir. İki göstergeden oluşmaktadır. İçinde bulunan gyro burnun yön değiştirme hızını verir.

- Yatış göstergesi: Düz ve ufki uçuşta siyah bilye tüpün ortasında durur. Koordineli dönüşte yine ortada kalır. Dönüş oranına göre yatış az olursa siyah nokta ters tarafa kayar (Merkez kaç kuvveti yerçekimi kuvvetinden fazladır). Bu şekildeki uçuşa savrulmuş denir. Yatış miktarı dönüş oranına göre fazla ise siyah nokta dönüş tarafına doğru kayar. Bu tür uçuşa kayış denir.
- Dönüş göstergesi: göstergenin gyroskop kısmıdır. Uçağın sağa-sola dönüş miktarını gösterir. Kadran üzerinde 3 referans işareti vardır.



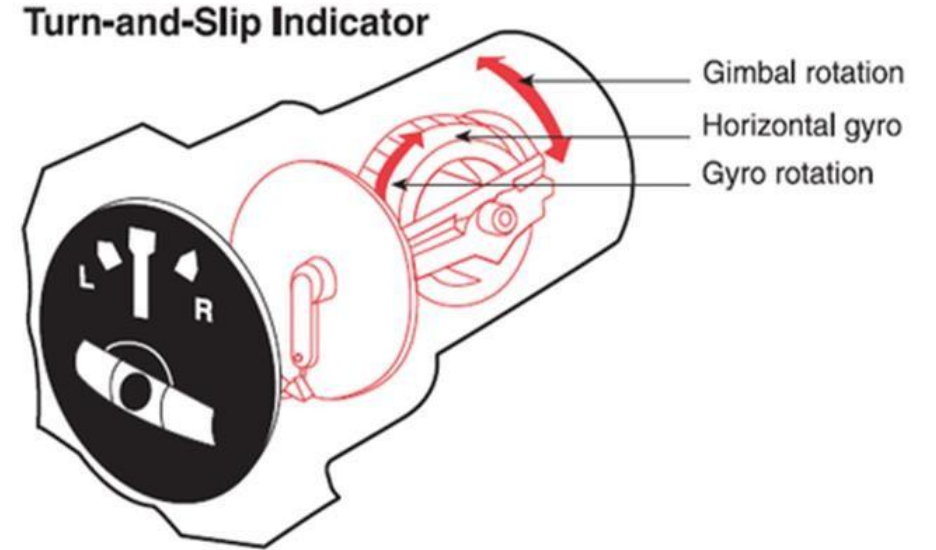
Resim 1.23: Dönüş oranı göstergesi



Resim 1.25: Göstergenin çalışması

Cayroskopik Sistemle Çalışanlar Göstergeler Dönüş ve kayış göstergesi (Turn and Slip Indicator)

- Cayroskopik sistemle çalışan dönüş ve kayış göstergesinin ana işlevi, standart oranlı dönüşlerin gösterilmesini sağlamaktır.
- Hava araçları dönüş esnasında farklı yüklerle maruz kalırlar. Bunlardan ikisi mekezkaç kuvveti ve yerçekimi kuvvetidir. Bu iki kuvvet dönüş esnasında dengede tutulur ise koordineli bir dönüş yapılmış olur.
- Standart oranlı bir dönüş saniyede üç derecedir. Bu oranla 360 derecelik bir dönüş iki dakikada tamamlanır.



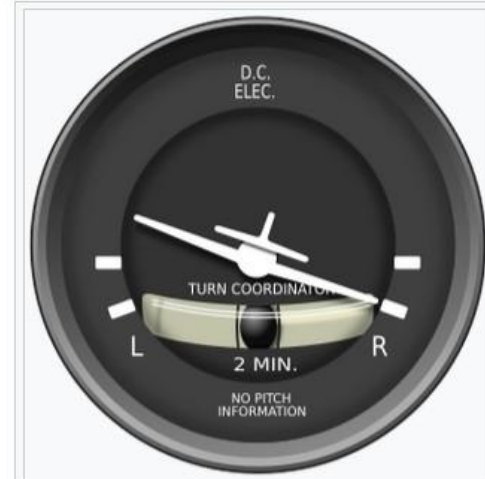
DÖNÜŞ-KAYIŞ GÖSTERGESİ

Dönüş-kayış göstergesi veya **dönüş-kayış müşiri**; iki cihazın bir arada bulunduğu bir **uçuş göstergesi**. Dönüş esnasında uçağın istikametinin değiştiği oran ile içe kayış (slip) ve dışarı savrulmuş (skid) miktarını gösterir. Uçak maketi bulunan ve yatış oranını da gösteren göstergelere **dönüş koordinatörü** denir.

Dönüş-kayış göstergelerinin ve koordinatörlerinin hiçbir modeli "**yatış açısını**" bildirmez.^[1] Yatış açısı **ışarî hava süratinin** bir fonksiyonudur ve farklı süratlerde 2 dakikalık dönüş yapan uçakların yatış açısı farklı olmasına rağmen göstergede aynı "**yatış oranına**" sahip olurlar.^[1]

Standart 2 dakikalık dönüş için gerekli yatış açısı = (İşarî hava sürati / 10) + 7

Yukarıdaki pratik hesaba göre 2 dakikalık dönüş yapan 100 KIAS süratindeki bir uçağın yatış açısı 17 derecedir. 70 KIAS'taki bir uçağın yatış açısı ise 14 derecedir. Buna rağmen dönüş esnasında her iki uçağın göstergesinde de aynı yatış oranı değeri okunur.^[1]



Sağa doğru standart (360°/2 dk) bir dönüş yapan uçağın dönüş koordinatörü. Alttaki siyah topun ortada olması uçağın koordineli döndüğünü yani içe kayma (slip) veya dışarı savrulma (skid) meydana gelmediğini gösterir.

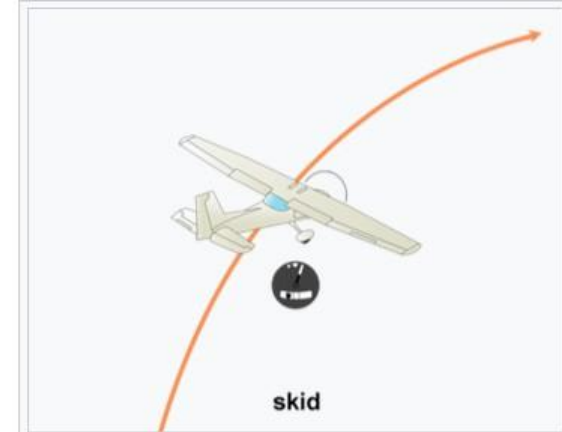
DÖNÜŞ-KAYIŞ GÖSTERGESİ

Koordinesiz Dönüşler

Uçuş esnasında pilotun "dönüş tarafına" yeteri kadar **istikâmet dümeni** pedalı uygulayarak dönüşleri koordineli hâle getirmesi gerekir. Koordineli dönüşlerde göstergedeki denge topu ortada durur ve manevra uçtakileri rahatsız etmez. Koordinesiz dönüşlerde ise uçağın kuyruk kısmı dönüş içine veya dışına savrulur ve uçtakiler kayıyormuş ya da savruluyormuş gibi hissederler.

Slip [[değiştir](#) | [kaynağı değiştir](#)]

Dönüş esnasında uçağın kuyruğunun dönüş içine, burnunun aksi yöne doğru dönmesi durumudur. Uçaktaki kişiler dönüş tarafına (içeri) doğru kayıyormuş gibi hissederler. Bu durumda göstergenin alt kısmındaki siyah top kayış tarafına (içeri) doğru hareket eder. Pilot "top ile aynı tarafa" gerektiği kadar **istikâmet dümeni** uygulayarak kayışı engeller.



Sağa dönüşte skid. Uçtakiler sola savruluyormuş gibi hissederler. Pilotun siyah topu ortalamak (dengeli uçmak) için **istikâmet dümenini** kontrol eden "sol" pedala yeterince basması gerekir.

DÖNÜŞ-KAYIŞ GÖSTERGESİ

Koordinesiz Dönüşler

Skid [[değiştir](#) | [kaynağı değiştir](#)]

Dönüş esnasında uçağın kuyruğunun dönüş yönünün aksine, burnunun dönüş tarafına (içine) dönmesi durumudur. Uçaktaki kişiler dönüşün aksi tarafa doğru savruluyormuş gibi hissederler. Bu durumda göstergenin alt kısmındaki siyah top savrulma tarafına (dışa) doğru hareket eder. Pilot "top ile aynı tarafa" gerektiği kadar istikâmet dümeni uygulayarak savrulmayı engeller.

Eğer gereğinden fazla düzeltme yapılırsa top orta hattı geçerek aksi tarafa hareket eder ve slip skid'e, skid ise slip'e dönüşür.

Kaynakça [[değiştir](#) | [kaynağı değiştir](#)]

1. [^] [a b c](#) "Turn Instruments and Angle of Bank" [↗](#). 2 Ağustos 2017 tarihinde [kaynağından](#) [↗](#) arşivlendi. Erişim tarihi: 4 Şubat 2013.



Cayroskopik Sistemle Çalışanlar Göstergeler Dönüş ve kayış göstergesi (Turn and Slip Indicator)

Dönüş ve kayış göstergesinin alt tarafından yer alan diğer bölümü de savrulmayı gösterir. Alt bölümün ortasında yer alan siyah kürenin hareketi ile standart oranlı dönüşün yatış açısına uygun istikamet dümeni (rudder) kullanımı ile yapılıp yapılmadığı kontrol edilir. Örnek olarak; sağa dönüşte eğer siyah küre sağ tarafa gitmişse sağ pedalın, sola dönüşte sol tarafa gitmişse sol pedalın gerektiğinden fazla kullanıldığı anlaşılır. Bu gösterge pitch hareketini göstermez.



Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

YÖN GÖSTERGESİ

Yön Göstergesi



Resim 1.19: Yön göstergesi

- İstikamet göstergesi bir cayrodur ve bu nedenle manyetik alanlardan etkilenmez. Takatini elektrik sisteminden veya bir vakum motorundan alır. Genellikle manyetik pusula referans alınarak ayarlanır. Bu durumda manyetik kuzeye göre yönleri gösterir.
- pilota uçağın seyahat ettiği yönü 360 derecelik açı biriminden bildiren uçuş göstergesi. Uçakların bordo paneli üzerinde bulunur. Genellikle 000, 090, 180 ve 270 dereceler; coğrafî yönleri gösteren (sırasıyla) N, E, S ve W harfleri ile gösterilirler.

1.2.3. Yön Göstergesi (Directional Gyro)

İstikamet (yön) göstergesi Flux valfden gelen manyetik yön bilgisi ile set edilerek uçağın yönünü derece olarak bildirir. Uçakta iki adet olup genellikle aviyonik kompartımanındadır.

RPM- > rotation per minute: "dakikadaki dönüş sayısı"

Gyro rotoru 115 V AC, 400 Hz, 3 faz gerilimle çalışır. Rotor dönüş eksenini arza paralel olup dakikada 12000 RPM hızla döner. Yaklaşık olarak üç dakikada normal devrini alır. Gyro rotoru üç çerçeve içine yerleştirilmiş olup Rigidity prensibine göre çalışır.

- **Flux valf:** Arzın manyetik alanını hissedip, manyetik kuzeye göre yön bilgisini veren alettir. Uçağın manyetik sahasından uzak olan kanat uçlarına birer adet yerleştirilmiştir. Primer sargısı 23.5 V AC, 400 Hz gerilimle beslenir. Arzın manyetik alanını hisseden sekonder sargısında 800 Hz'lik gerilim indüklenir. Söküp-takma işlerinde mıknatıslanmayan takımlar kullanılır.

Cayroskopik Sistemle Çalışanlar Göstergeler

Yön Göstergesi (Heading Indicator)

- Cayroskopik sistemle çalışan yön göstergesi, flux valfden gelen manyetik yön bilgisi ile set edilerek uçağın uçtuğu yönü derece olarak gösterir.
- Cayroskopik sistemle çalışması nedeniyle, manyetik pusulaya göre değerler, sert dönüşlerde dahi tam ve doğru olarak görülür.
- Gyro rotoru 115 V AC, 400 Hz, 3 faz gerilimle çalışır. Yaklaşık olarak üç dakikada normal devrini alır. Gyro rotoru üç çerçeve içine yerleştirilmiş olup Rigidity prensibine göre çalışır.
- İstikamet (yön) göstergesi uçakta iki adet olup kaptan ve yardımcı pilot gösterge panelindedir.



Cayroskopik Sistemle Çalışanlar Göstergeler

Yön Göstergesi (Heading Indicator)

- **Flux valf:** Manyetik alanını hissedip, manyetik kuzeye göre yön bilgisini veren alettir. Uçağın manyetik sahasından uzak olan kanat uçlarına birer adet yerleştirilmiştir. Primer sargısı 23.5 V AC, 400 Hz gerilimle beslenir. Manyetik alanını hisseden sekonder sargısında 800 Hz'lik gerilim indüklenir. Söküp-takma işlerinde **mıknatıslanmayan** takımlar kullanılır.
- Rota sabitlendikten sonra, gidilen yön manyetik pusula ile de yaklaşık olarak her 15 dakikada bir kontrol edilerek doğru başta uçulup uçulmadığı gözlenmeli ve bu kontrol esnasında uçağın düz uçuşta olduğuna dikkat edilmelidir.
- Göstergede büyük çizgiler 10 küçük çizgiler 5 dereceyi göstermektedir.

Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

MANYETİK PUSULA

Manyetik Sistemle Çalışanlar Göstergeler

Manyetik Pusula (Magnetic Compass)

- Manyetik pusula çoğunlukla hafif uçaklarda bulunur ve manyetik kuzeyi gösterir. Manyetik pusulanın güvenilir olarak kullanılabilmesi için sınırlamaların ve doğal özelliklerin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu özellikler; manyetik değişim miktarı, pusula sapması ve manyetik kuzeydir. Bunlara ek olarak, hakiki kuzey ile manyetik kuzey arasındaki açı farkı her zaman dikkate alınmalıdır.



Manyetik Sistemle Çalışanlar Göstergeler

Manyetik Pusula (Magnetic Compass)

- Uçuş öncesi manyetik pusulanın içindeki sıvının tam olduğundan emin olunmalıdır. Rule esnasında herhangi bir takılma olmadan çalıştığı ve referans olarak alınan noktalarda doğru gösterip göstermediği kontrol edilmelidir.
- Gösterge tüm uçuş süresince kullanılacağından, uçuş öncesi kontrollerde arızalı olduğu anlaşıldığında asla uçulmamalıdır.



1.3. Pusulalar

Gelişmiş modern uçaklarda elektrik ve elektronik sistemlerin artması nedeniyle kokpitte bulunan klasik pusulanın etkilenmesi, hatalı gösterme ihtimalini artırmıştır. Bu nedenle gyro ile çalışan HSI (Horizontal Situation Indicator), DG (Directional Gyro) gibi göstergelere veya cam kokpit olarak isimlendirilen katot tüpü yada LCD göstergelere manyetik yön bilgisini veren ayrı bir sistem bulunur. Bu sistemde yeryüzünün manyetik alanını hisseden 'flux valf' ya da magnetometer olarak isimlendirilen cihazlar manyetik yön bilgisini elektrik sinyallerine çevirerek yönsel gyroyu buna göre yönlendirir ve uçağın bilgisayarına bu bilgiyi aktarır. Flux Valf genellikle uçağın kanat ucunda bulunur.

Her uçakta bulunan manyetik pusula serbestçe dönebilen bir mıknatıstan ibarettir. Manyetik kuzeyi referans olarak yön gösterir. Gerçek kuzeye göre belirli bir açı kadar hata yapar ve pilotlar bunu da dikkate alır. Uçaklarda bu pusulalar pilot mahallinde manyetik alanın en az olduğu yere yerleştirilir.

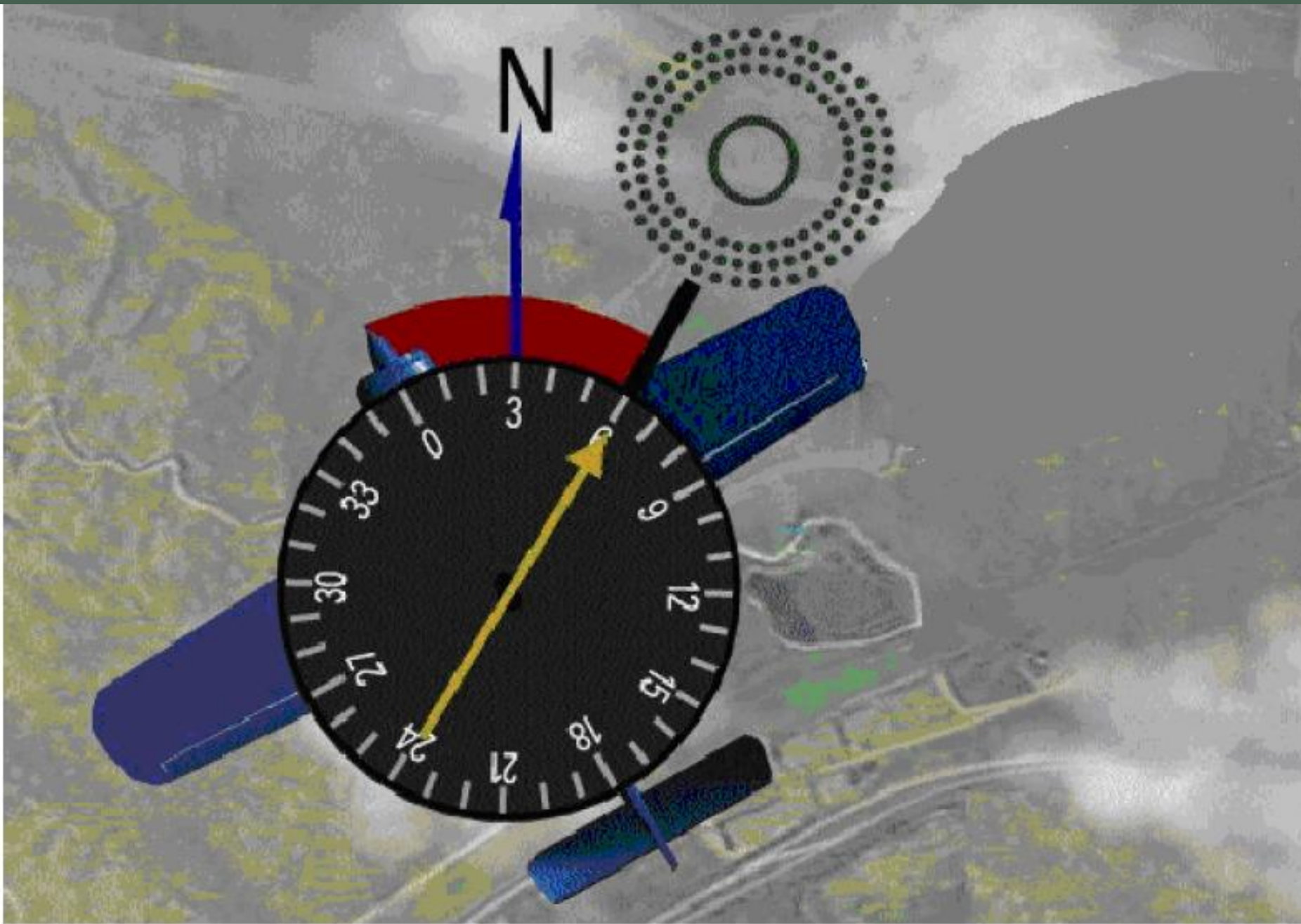


Resim 1.28: Pusula ile yön tespiti

Manyetik pusula çoğunlukla hafif uçaklarda bulunur ve manyetik kuzeyi gösterir. Manyetik pusulanın güvenilir olarak kullanılabilmesi için sınırlamaların ve doğal özelliklerin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu özellikler; manyetik değişim miktarı, pusula sapması ve manyetik kuzeydir. Bunlara ek olarak hakiki kuzey ile manyetik kuzey arasındaki açı farkı her zaman dikkate alınmalıdır.

Uçuş öncesi manyetik pusulanın içindeki sıvının tam olduğundan emin olunmalıdır. Rule esnasında herhangi bir takılma olmadan çalıştığı ve referans olarak alınan noktalarda doğru gösterip göstermediği kontrol edilmelidir.

Gösterge tüm uçuş süresince kullanılacağından, uçuş öncesi kontrollerde arızalı olduğu anlaşıldığında asla uçulmamalıdır.



Resim 1.29: 30° lik dönüş

Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

MOTOR GÖSTERGELERİ

Motor Göstergeleri

- Bir uçak motorunun bazı bölgelerindeki sıcaklık ve basınç gibi durumları hakkında bilgi sahibi olabilmek için göstergelerden yararlanır. Motor göstergeleri, motor ve sistemlerine ait parametrelerin izlenmesini sağlar.



MOTOR GÖSTERGELERİ

- * CYL. HEAD TEMP.***
- * MANIFOLD PRESS.***
- * SUCTION***
- * OIL [PSI] + [°C]***
- * FUEL [PSI] + [°C]***
- * FUEL FLOW***
- * FUEL QUANTITY***
- * EGT***
- * MOTOR HIZI N1 - N2 [RPM]***
- * TORQUE***
- * VIB.***

Motor Göstergeleri

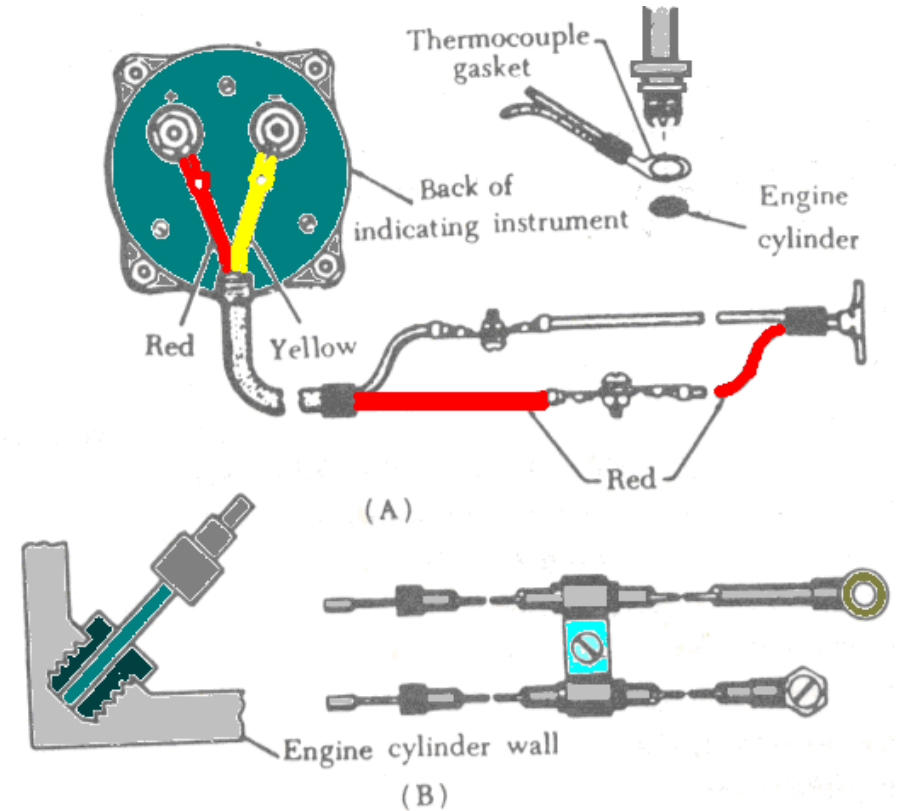
- Devir göstergesi (tachometer),
- Yakıt göstergesi (Fuel Tank Level Indicator),
- Akışmetre (Fuel Flow),
- Eksoz ısı göstergesi (EGT “Exhaust Gas Temperature”),
- Yağ basıncı göstergesi (Oil Press),
- Yağ ısı göstergesi (Oil Temperature)
- Manifold basınç (Manifold Pressure) göstergesi motorla ilgili göstergelerden bazılarıdır.
- Göstergeye veri girişi, genellikle sensör veya “probe”un algıladığının elektriksel yolla göstergeye iletilmesi şeklindedir.



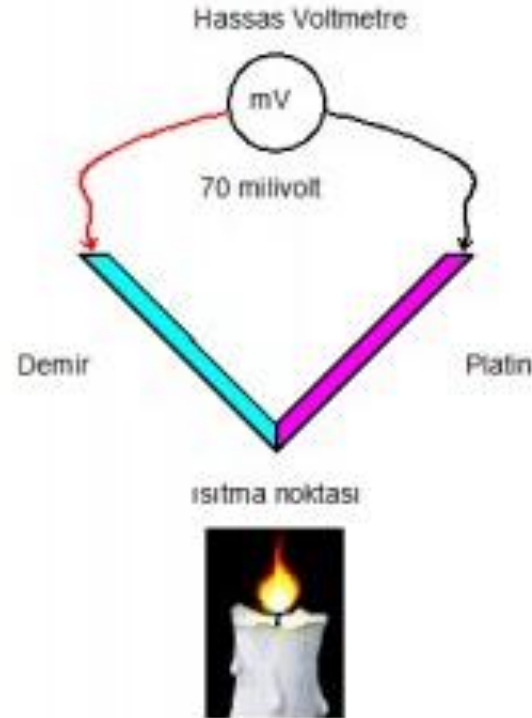
Motor Göstergeleri

Pistonlu Motor Hararet Göstergesi

- Hava araçlarında motorun çalışma sıcaklığı hakkında kullanıcıya çok iyi bir fikir verir.
- Hava soğutmalı bir motorda sıcaklık, motorun silindrine takılmış hassas bir algılayıcı ile ölçülür.
- Bu sistem; bir gösterge, bir termokupil ve bağlantı tellerinden meydana gelir. Termokupiller dirençli tiptedir. Termokupil ısındıkça kablo vasıtasıyla göstergeye mili Volt cinsinden bir değer gösterir. Bu bize silindir başının **hararetini** gösterir.



Isı etkisi elektrik sinyaline nasıl dönüştürülebilir?



- İki farklı metal birer uçlarından birbirine bağlanır ve bağlantı noktasına ısı uygulanırsa metallerin soğuk uçlarında elektrik sinyali (çok küçük bile olsa) üretildiği görülür.
- Bu mantıkla endüstride $5000\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcak fırınların sıcaklığı ölçülebilir.

Motor Göstergeleri

Pistonlu Motor Manifold Basıncı

- Manifold basınç göstergesi bir tür barometredir. Pistonlu motorlarda emme manifoldunun iç yüzeyindeki basıncın ölçülmesinde kullanılır. Manifold basıncı gaz kolu ile kontrol edilir. Gösterge bu basıncı inch/hg olarak gösterir. Manifold basıncı gaz kolu ileri hareket ettirildiğinde artar, geri hareket ettirildiğinde azalır.
- Manifold basınç göstergesi bir tür barometre olduğu için motor durdurulduğunda uçağın bulunduğu yerdeki atmosfer basıncını gösterir. Örneğin deniz seviyesinde ve standart bir günde motor durdurulduğunda göstergede 29,92 inch/hg değeri okunacaktır.



Motor Göstergeleri

Pistonlu Motor Manifold Basıncı

- Manifold göstergesi silindirlere giden benzin ve hava karışımının mutlak basıncını gösterir. Gaz kolu ileri hareket ettirildiğinde benzin hava karışımının basıncı artacağından manifold basıncı da artar. Gaz kolu geri hareket ettirildiğinde benzin/hava karışımının basıncı azalacağından manifold basıncı da azalır.
- Sabit irtifada ve sabit motor devrinde (RPM) motorun gücü silindirlere giden benzin/hava karışımının miktarı ile doğru orantılıdır.

Motor Göstergeleri

Emme (Suction) Göstergesi

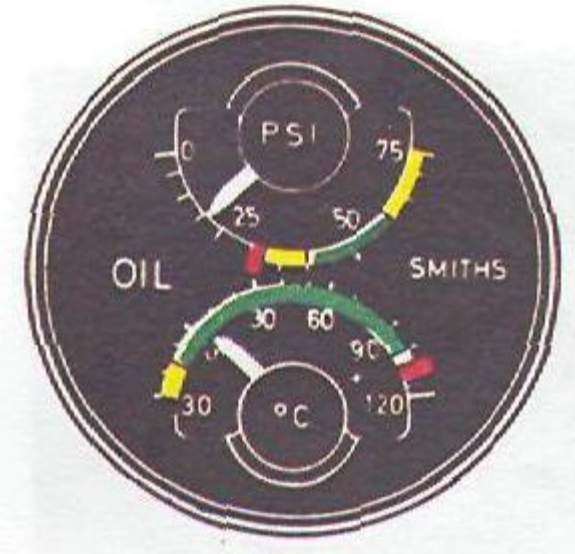
- Emme (Suction) göstergesi kokpit ön panelinde bulunur ve vakum pompasının normal çalışıp çalışmadığını gösterir. Jiroskopik sistemle çalışan durum gyrosu (attitude indicator)(suni ufuk), dönüş ve kayış göstergesi (Turn and Slip Indicator) ve yön göstergesinde (heading indicator) vakum kullanılır. Göstergelerin normal çalışabilmesi için vakum pompasının 4.5 – 5.5 inch/Hg. değerini sağlaması gerekir. Vakum pompasının bu değerler dışında çalışması durumunda durum gyrosu ve yön göstergesinin dönme hızı yavaşlar ve bu nedenle göstergeler doğru çalışmaz. Bu nedenle SUCTION göstergesi sık, sık kontrol edilmelidir.



Motor Göstergeleri

Yağ Basıncı ve Sıcaklığı

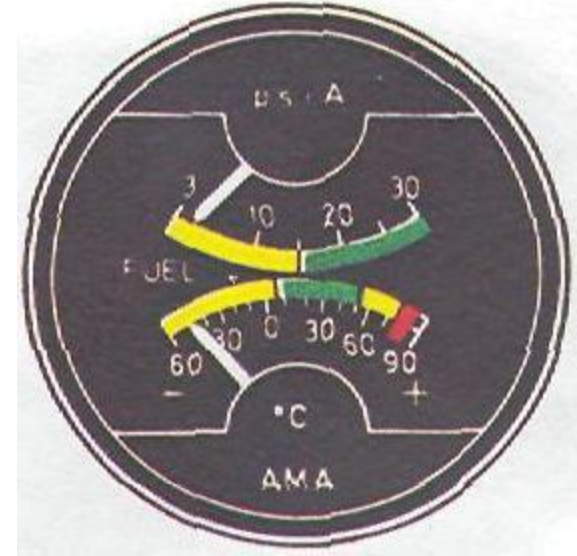
- Mekanik tiplerde motor yağ basınç ve hararet göstergesi çift ibreli bir göstergedir. Üst kısımda motorda dolaşan yağın basıncını “PSI” cinsinden, alt skalada ise motoru soğutma amacı için kullanılan yağın hararetini “°C” cinsinden gösterir. Yağ basınç transmitteri hissedilen yağın basıncını elektriksel olarak yağ basınç göstergesine gönderir. Motor yağ hararet saati ise motorda soğutma amacıyla sistemde dolaşan yağın hararetini elektriksel olarak yağ hararet saatine gönderir.



Motor Göstergeleri

Yakıt Basınç ve Yakıt Sıcaklık Göstergesi

- Yakıt basınç ve sıcaklık göstergesi mekanik tiplerde çift ibreli bir göstergedir. Yakıtın basıncı ve hararetini göstermeye yarar. Bu göstergelerin her birinde ikişer adet skala vardır. Yakıt basıncı, gösterge üst bölümünde “PSI” olarak; yakıt harareti ise gösterge alt bölümünde “°C” cinsinden gösterir. Sistem 28 V DC ile çalışmaktadır.
- Yakıt sıcaklık gösterge sistemin amacı tanklardaki ve motora giden yakıtın ısını ve filtre buzlanmasıyla ilgili gereksinimini pilota bildirmektir. Sistemde ısıyı hissedici sensör, yakıtın içinde bulunup indikatörlere ısı değerini gönderir.



Motor Göstergeleri

Fuel Flow (Yakıt Akış) Göstergesi

- Motorun performansı ve ne ölçüde ekonomik çalıştığı izlenir. Motorlara giden anlık yakıt akış miktarı bu göstergeden takip edilir.
- Resimlerdeki akış metreler, yakıt akış ölçümlerini galon olarak göstermektedir.



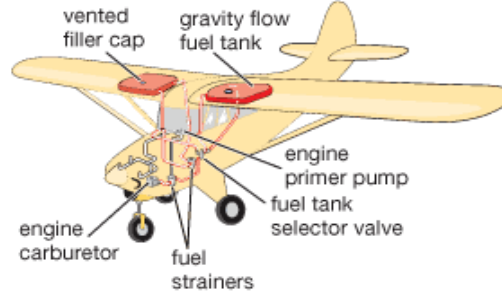
Motor Göstergeleri

Yakıt Miktar Göstergesi

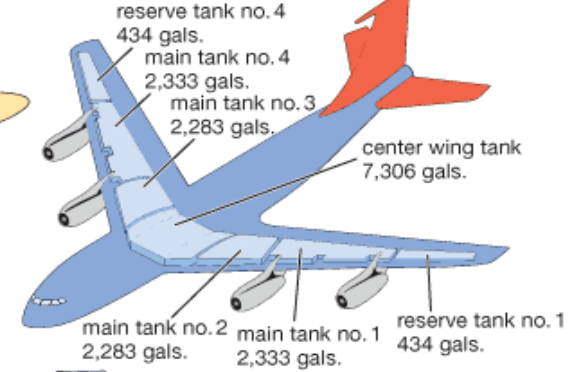
Uçaklarda yakıt genel olarak kanatlarda depolanır. Uçakta bulunan yakıt miktar transmitterleri vasıtasıyla ölçümlenerek her depodaki miktarı göstergelere ayrı ayrı olacak şekilde göstergeye iletilir. Yakıt miktar birimi libredir. Uçuşa başlamadan önce uçağın tank veya tanklarının ne kadar yakıt alması gerektiğine uçuş ekibi karar verir

Fuel systems of aircraft and spacecraft

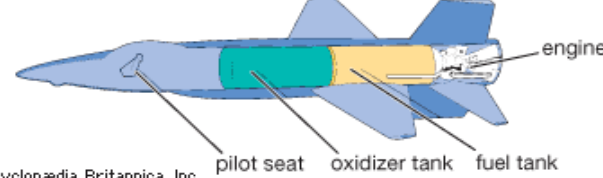
Light plane—Piper Tri-pacer



Jet airliner—Boeing 707



Space-research rocket—X-15



© 2009 Encyclopædia Britannica, Inc.



Yakıt Miktar Göstergesi



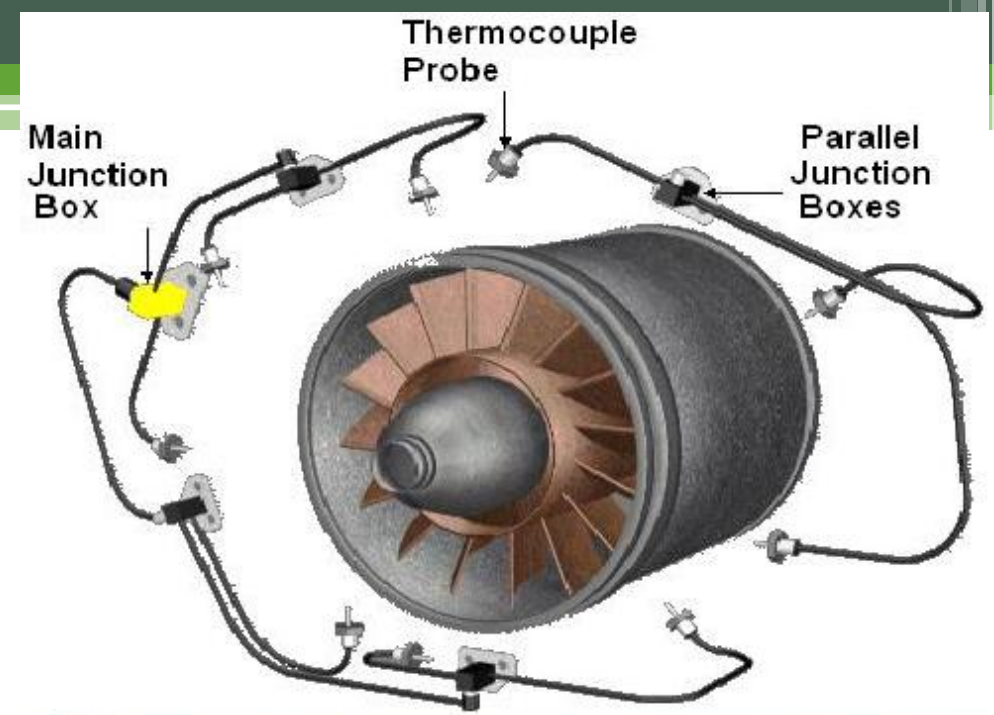
Resim 1.37: Yakıt göstergesi

Benzin, uçağın her iki kanadında depolanır. Depolardaki yakıt miktarı ve tüketiminin takip edilmesi pilotun öncelikli görevlerindedir. Hafif uçaklarda benzin depo göstergesi ve akış metre, ölçümleri galon olarak gösterir.

Motor Göstergeleri

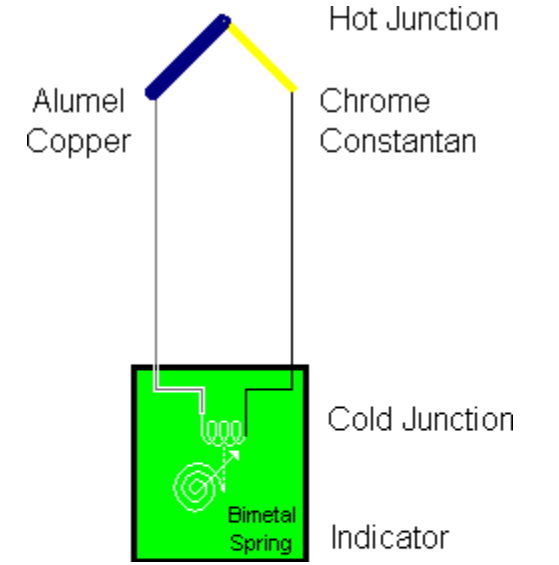
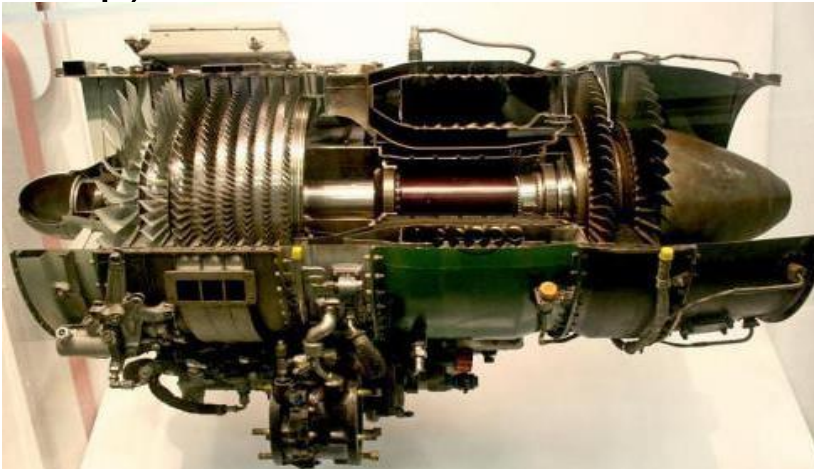
Türbinli Motor Egzoz Sıcaklığı (EGT)

- Egzoz gaz sıcaklığı (Exhaust Gas Temperature) (EGT) her motordan alınması gereken bir göstergedir. Bu yolla motor egzoz sıcaklıkları her an izlenir. Yüksek sıcaklıklar ve limit aşmaları saptanır. Motorda en yüksek sıcaklıklar türbin girişinde meydana gelir, bu bölge 1400°C 'yi aşan sıcaklıklara ulaşır.



Motor Göstergeleri / Türbinli Motor Egzoz Sıcaklığı (EGT)

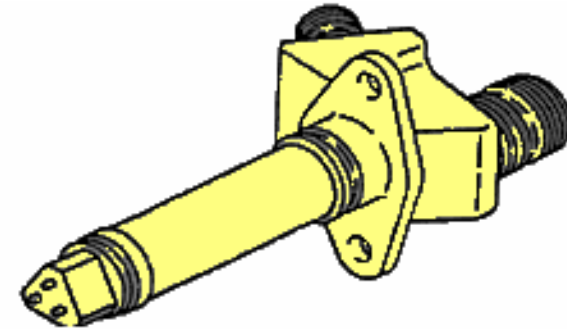
- Thermocouple “probe”un yapısında **alüminyum ve krom** olmak üzere farklı iki metal kullanılmıştır. Yüksek ısı altında oluşan gerilim farkı göstergede ısı miktarını belirlemektedir. Sensör, sıcaklıkla orantılı DC voltaj üretir. Türbin case üzerinde birden fazla thermocouple vardır. Paralel bağlı olduklarından ortalama bir çıkış voltajı alınır.
- Eksozdan alınan ısıya EGT (Egzos Gas Temp), türbinler arasından alınan ısıya ise TGT (Türbin Gas Temp) denir.



Klasik Elektromekanik Tip

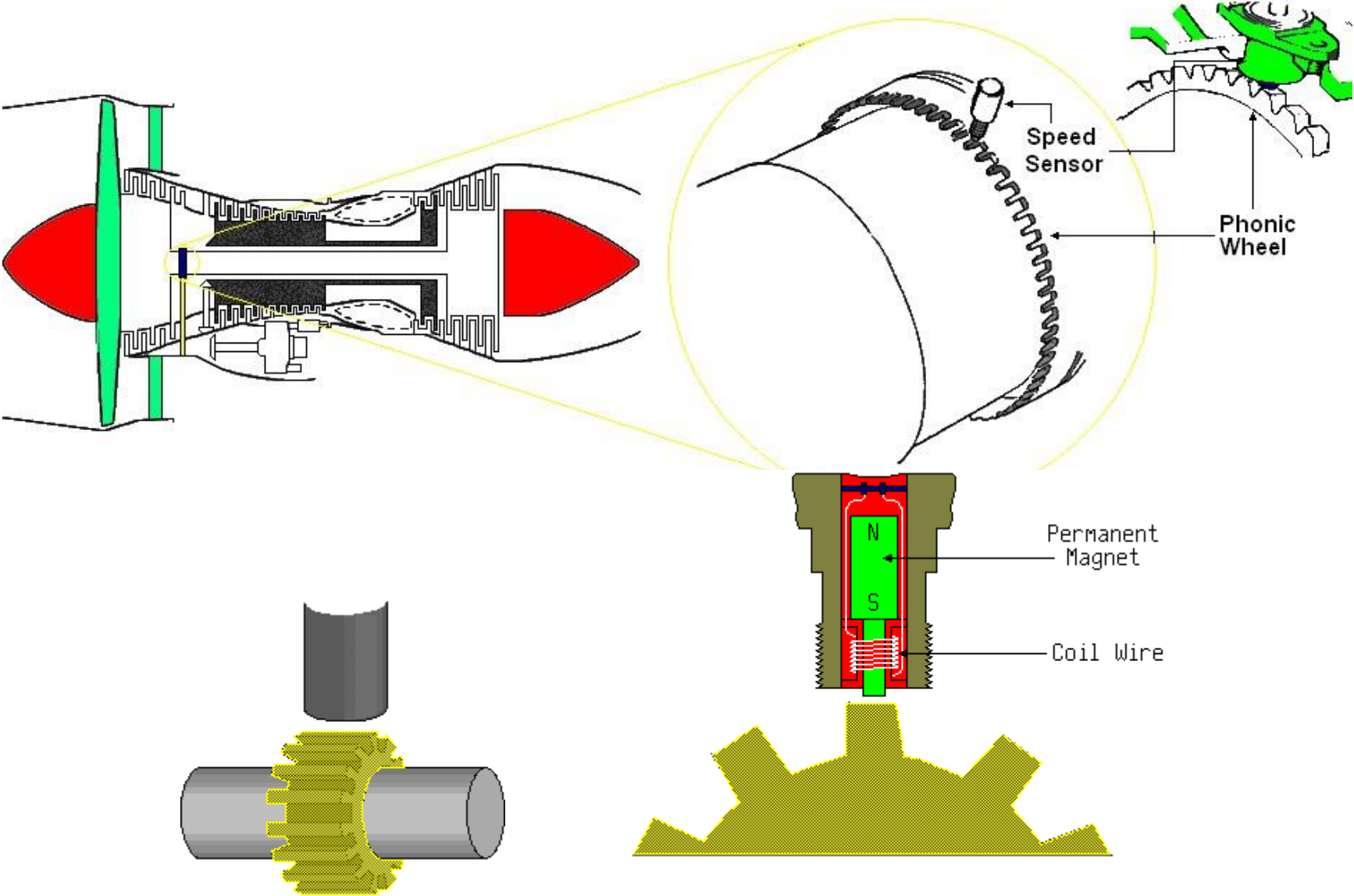
Motor Göstergeleri / Motor Hızı-N1

- Motorlarda her türbin sisteminin kendi göstergesi vardır.
- Hız okuyucu sensörler kullanılarak N1 rotor devir hızının ölçülmesi sağlanır.
- Sensörde oluşan manyetik alan değişimleri elektrik sinyallerine dönüştürülerek hız ölçümü yapılır.



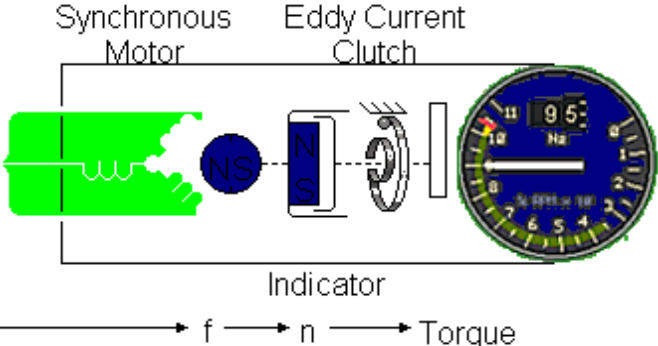
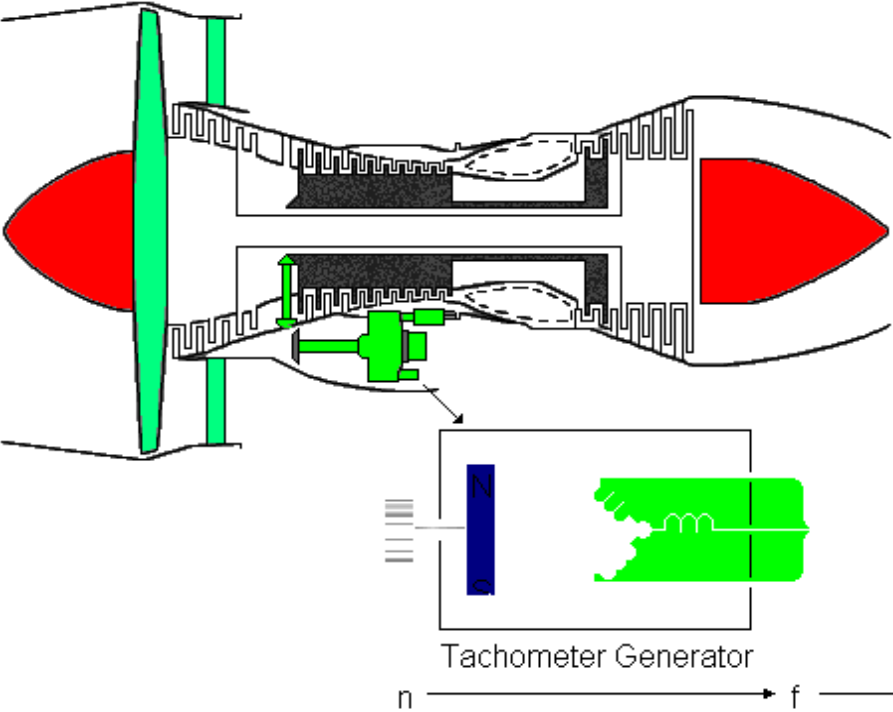
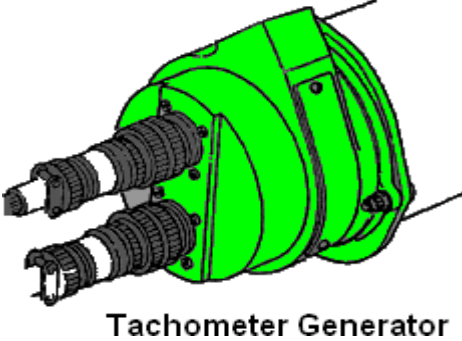
Variable Reluctance Speed Sensor

Motor Göstergeleri / Motor Hızı-N1



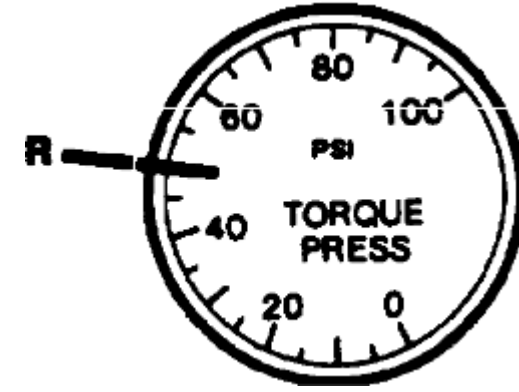
Motor Göstergeleri / Motor Hızı-N2

- N2 rotor devir hızının ölçülmesinde kullanılır. Motor üzerinde bulunur.



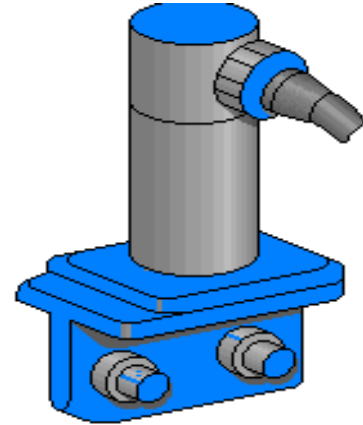
Motor Göstergeleri / Motor Torku

- Her motor için gösterge panelinde motor tork göstergeleri bulunur. Her motor düşen yük miktarını gösterir. Sistem türbinli motor merkezinde bulunan merkez şaftın burkulma miktarını ölçer.



Motor Göstergeleri / Motor Vibrasyon Göstergesi

- En önemli motor göstergelerinden biridir. Motor (titreşim) vibrasyonu balanssızlığın (dengesizlik) göstergesidir. Bu da, rotor parçalarında bir hasar olabileceğinin ilk işaretidir.
- Motor üzerinde bir veya iki adet vibrasyon sensörü vardır. Bunlar, elektrik sinyallerini computer'e gönderir.
- Modern motorlarda EVMU (Engine Vibration Monitoring Unit); motor vibrasyon izleme birimi) olarak geçen computer, vibrasyon verilerini toplar ve filtre eder göstergelere iletir.



Electromagnetic Accelerometer

Vibration Sensor



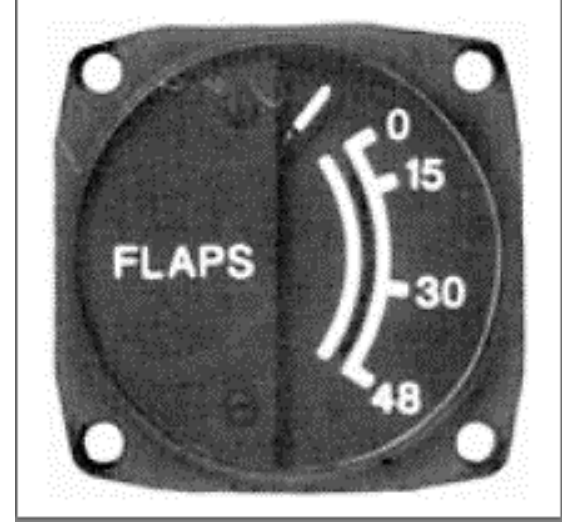
Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

DiğER GÖSTERGELER

Hava Araçlarında Bulunan Diğer Göstergeler

Flap Göstergesi

Flaplar her iki kanadın arkasında, kanadın gövde ile birleştiği yer ile kanat orta noktasına kadar olan bölümde bulunur ve simetrik olarak çalışır. Kaldırıcı kuvvete yardım ettiği için uçağın düşük hızlarda havada tutunmasını sağlar. Bu nedenle iniş ve kalkışta veya uçağın performansına bağlı olarak uçuşta beliren özel durumlarda kullanılır. Flapların kullanımı uçak el kitabında belirtilen değerler dikkate alınarak veya hız göstergesindeki limitler dâhilinde yapılır ve flapların durumu flap göstergesinden kontrol edilir.



Hava Araçlarında Bulunan Diğer Göstergeler

Stall Warning Indicator

1.5. Ani Hız Düşümü Uyarı Göstergesi (Stall Warning Indicator)

Uçağın havada tutunabilmesi için hızını belli bir değerin altına düşürmemesi gerekir. Bu hızın altında uçak havada tutunamaz ve ani olarak yükseklik kaybeder. Bu olayın nedeni ise tamamen kanadın hücum açısı ile ilgilidir. Özellikle kalkış ve iniş sırasında ve alçak irtifada olan stall durumları kaza ile sonuçlanır. Yüksek irtifada düz uçuş sırasında olan stall da uçak burnunu aşağı doğru vererek ve motor gücünü artırarak stalldan kurtulabilir. Burada kanat hücum açısı (AOA) ile kanadın yatayla yaptığı açıyı birbirine karıştırmamak gerekir.

Bu açı kanat ile kanat üzerinden akan hava akımının arasındaki açıdır. Uçak yere paralel uçarken hatta yatış veya ters uçuşta bile stall olabilir.

Yüksek hücum açısı stall'a neden olur. Uçakların tasarım karakteristiklerine göre düşük hızda belirli bir hücum açısının üzerine çıktığı zaman kanat üst yüzeyindeki düzgün hava akımı karışır, kanadın üst yüzeyini takip edemez, türbülans denilen hava girdapları oluşur ve kaldırma kuvveti düşer. Bu açıya kritik hücum açısı denir.

Düşük hızda stall şu şekilde gerçekleşir:

Uçağın hızının azalmasıyla kaldırma kuvvetinin azalması yere yatay durumda olsa bile uçakta yükseklik kaybına yol açar. Uçak hem ileri hareket ederken hem de yüksekliğin kaybından dolayı hava akımı kanada yatay olarak değil, alttan daha yüksek hücum açısıyla çarpar. Yani AOA yükselir. Kanadın üzerini takip edemeyen hava akımı karışır ve türbülansa girer. Yüksek hızlarda ani yapılan dengesiz manevralarda kanat üzerindeki hava akışını bozarak stall'a neden olabilir.

➤ Stall hızını etkileyen faktörler:

- Türbülans: Havadaki türbülanslar özellikle iniş durumunda yavaş uçan uçaklarda uçak normal stall hızının üzerinde uçağa bile stall olmasına yol açar. Bu yüzden uçaklar iniş sırasında hava türbülanslı ise daha yüksek bir yaklaşma hızı ile inerler.
- Yatış Açısı: Yatay durumdaki uçakların stall hızları ile yatış yaparken olan stall hızları aynı değildir. Düz uçuşta daha düşük olan stall hızı ani ve keskin yatışlarda daha yüksek hızlarda olur.
- Ağırlık: Uçağın ağırlığı arttıkça stall hızı artar.
- Ağırlık Merkezinin Yeri: Uçaktaki ağırlık merkezi fazla miktarda önde olursa pilot uçağın burnunu yukarı kaldırmak için yatay dümenleri yukarı konumuna getirmek ve hızı artırmak zorundadır. Bu konumda uçak normal stall hızından daha yüksek hızda stall olur. Ağırlık merkezi geride olursa stall hızı azalır.
- Flaplar: Flaplar açılarak uçakların stall olma hızı düşürülür. Flaplarla uçaklar daha yavaş bir hızla stall tehlikesi olmadan inebilirler.
- Buzlanma: Kanatların üzerinde olan buzlanma kanat üst yüzeyindeki düzgün hava akımını bozar. Bu da stall hızını artırır hatta uçuşu tehlikeli hale sokar.

➤ **Stall İçin Alınan Önlemler:**

Stall olma aşamasında kanat üzerindeki kontrol yüzeylerinde oluşan türbülans nedeniyle uçakta titreme ve sarsıntı başlar. Bu sarsıntıdan hemen önce ‘stall uyarıcı’ (stall warning) uyarı sistemleri, ışıkla ve sesle, bazı uçaklarda da pilot levyesini suni olarak sarsıcı bir mekanizma (stick shaker) ile pilotu uyarır.

Stalldan kurtulmanın tek yolu hücum açısını artırmak veya motor gücünü artırmaktır. Bu nedenle birçok modern uçakta stall durumunda pilot bir şey yapmazsa otomatik olarak levveyi ileri iterek (stick pusher) uçağın burnunu yönlendiren sistemler bulunmaktadır.



Resim 1.34: LRI



Resim 1.35: LRI yerleşimi

Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

SEYRÜSEFER GÖSTERGELERİ

Seyrüsefer Göstergeleri

- Seyrüsefer göstergeleri uçağın bir noktadan başka bir noktaya uçurulmasında pilota yardımcı olan göstergelerdir.
- Navigasyon sistemine ait bilgileri temin eden cihazlardan oluşur. Ayrıca hava trafiğinin kontrolüyle ilgili raporları da temin eder.
- Tipik parçaları; uçuş kontrol cihazları, bilgisayarlar, kaydediciler, nav/comm cihazları, yönlendirme cihazları, VOR (Very high frequency Omnidirectional Radio range göstergesi, ADF (Automatic Direction Finder), NDB (Nondirectional radio Beacon). v.s.'dir.

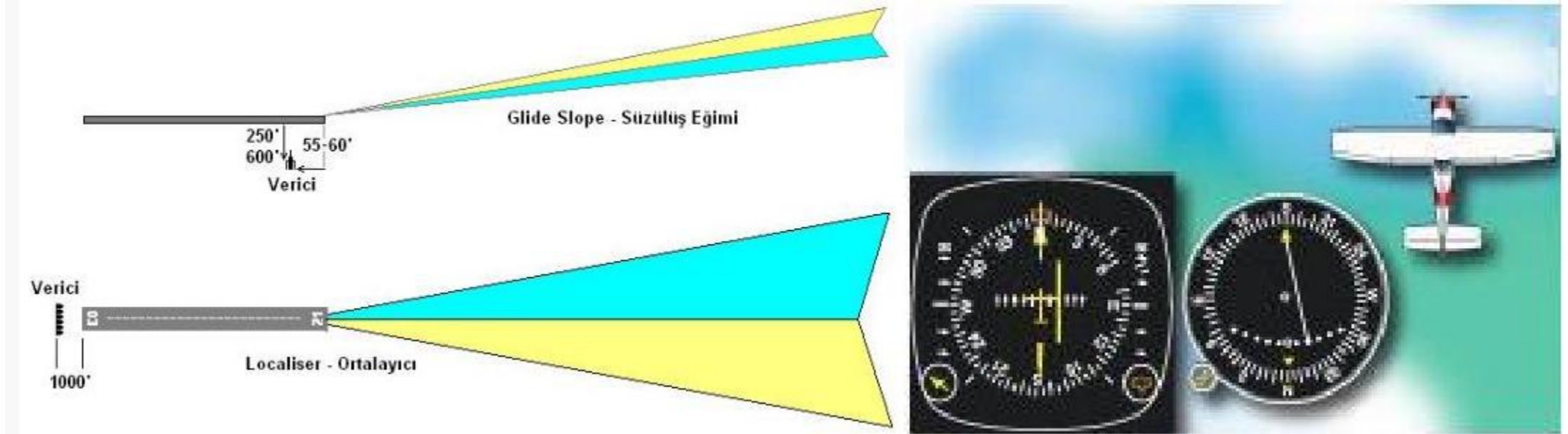
Seyrüsefer Göstergeleri

- Uçuş Çevre Bilgisi
- Tırmanma Değeri İndikatörü (IVSI Instantaneous Vertical Speed Indicator)
- Hava Hızı/Mach İndikatörü
- Altimetre
- Pusula
- Localizer/VOR Sistemi
- Uzaklık Ölçme Sistemi (DME- Distance Measuring Equipment)/
- Dönüş ve Yatış/ Dönüş Değeri İndikatörü
- Süzülme Sistemi
- Rüzgar Etkisi Duyma Sistemi
- Hava Radar Sistemi
- Çarpışma Önleme Sistemi (TCAS)
- ATC (Air Traffic Control) Transponder Sistemi
- GPS (Global Positioning System)

Seyrüsefer Göstergeleri

Yatay Durum Göstergesi (Horizontal Situation Indicator=HSI)

- HSI uçağın manyetik heading (yön), course (radyo yolu), course deviation (radyo yolundan sapmalar) ve glide slope'u (süzülüş açısını) gösteren alettir.
- Pilot bu gösterge ile gelinen ve gidilen rota noktalarına göre uçağın pozisyonunu tespit eder. DME (Distance Measuring Equipment) penceresi uçak ile yer istasyonu arasındaki mesafeyi deniz mili olarak gösterir.



Seyrüsefer Göstergeleri

Yatay Durum Göstergesi (Horizontal Situation Indicator=HSI)

VOR Navigasyon istasyonu uçağın önünde ise; course oku başucunu, arkasında ise; course oku kuyruk kısmını gösterir. 0-360° taksimatlı kompas kartı uçağın manyetik yönünü derece olarak gösterir. HSI uçakta iki adet olup kaptan ve yardımcı pilot gösterge panelindedir.



1.2.4. Yatay Durum Göstergesi (Horizontal Situation Indicator=HSI)

HSI uçağın manyetik heading (yön), course (radyo yolu), course deviation (radyo yolundan sapmalar) ve glide slope'u (süzülüş açısını) gösteren alettir. Pilot bu gösterge ile gelinen ve gidilen rota noktalarına göre uçağın pozisyonunu tespit eder. Ayrıca kırmızı renkli HDG bayrağı yön arızasını, sol alt köşede bulunan 4 adet sembol ilgili sistemin arızalı olduğunu gösterir. DME (Distance Measuring Equipment) penceresi uçak ile yer istasyonu arasındaki mesafeyi deniz mili olarak gösterir.

TO /FROM bayrağı üçgen şeklinde olup, VOR Navigasyon istasyonu uçağın önünde ise; course oku başucunu, arkasında ise; course oku kuyruk kısmını gösterir. 0-360° taksimatlı kompas kartı uçağın manyetik yönünü derece olarak gösterir. HSI uçakta iki adet olup kaptan ve yardımcı pilot gösterge panelindedir.



Resim 1.20: Yatay Durum göstergesi

Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

KOKPİT GÖSTERGE SİSTEMLERİ

Kokpit Gösterge Sistemleri

Bunlar:

- Uçuş Durum Göstergeleri
- Motor Göstergeleri
- Seyrüsefer Göstergeleri ve Haberleşme Cihazları

Uçuş Gösterge Konfigürasyonu

GÖSTERGE ARAYÜZ TASARIM KRİTERLERİ

. Arayüz tasarım modellerinin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler (The criteria used in interface design)

Kriterler	Tanımlar
Çapraz kontrol (C1)	Aynı anda birden fazla göstergeye bakma halinde gösterge konumunun uygunluğu
Görüş alanı (C2)	Göstergede sunulan uçuş (sürat, pozisyon, vb.) ya da diğer sistem (sıcaklık, basınç, tork vb.) bilgilerinin okunabilirliği ve algılanabilirliği açısından görüş alanı düşünülürse göstergenin konumunun uygunluğu
Motor, transmisyon ve uçuş göstergelerinin kontrol kolaylığı (C3)	Aynı sisteme ait göstergelerin birbirine yakınlığı ve yerleşim şekli; örneğin uçuş sistemi göstergeleri ve motor göstergelerinin ayrı gruplar oluşturması, ya da yakıt sistemine ait basınç ve miktar göstergelerinin konumları gibi.
Uçuş koşulları (C4)	2 saatlik bir uçuşta (görerek ya da aletli uçuş) göstergelerin konumu, kullanılabilirliği
Panel tasarımı (C5)	Göstergelerin göz seviyesine uygunluğu, bakış açısı, panelin ergonomisi
Gösterge kullanım sıklığı (C6)	Tecrübeden ziyade 2 saatlik bir normal uçuş düşünüldüğünde göstergenin kullanım sıklığı ve göstergenin konumunun uygunluğu
Verilerin önemi (C7)	Pilotun göstergedeki bilgiyi yanlış algılaması halinde uçuş emniyetine etkisi

**C1 çapraz kontrol, C2 okunabilirlik,
C3 gruplanabilirlik, C4 koşullara uyumluluk,
C5 ergonomi, C6 kullanım sıklığı,
C7 önem ve emniyet**

Nicel ve Nitel Yaklaşım ile Gösterge Arayüz Tasarımı



Şekil 1. Nicel yaklaşım ile tasarlanmış arayüz modeli (A1) (Interface design gained by Quantitative Approach)



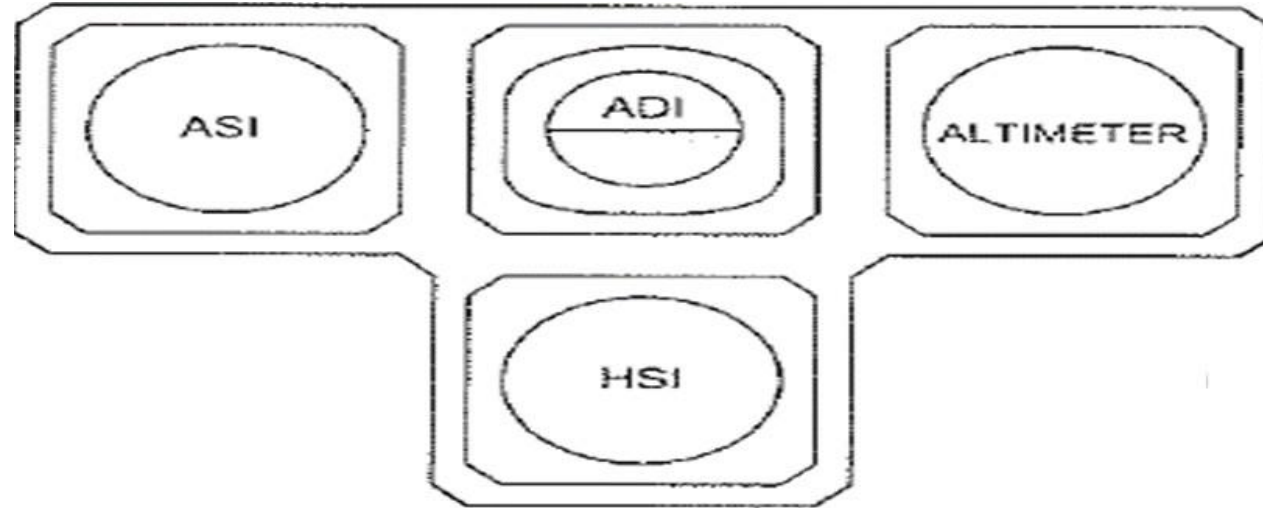
Şekil 2. Nitel yaklaşım ile tasarlanmış arayüz modeli (A2) (Interface design gained by Qualitative Approach)

Birleşik Yaklaşım ile Gösterge Arayüz Tasarımı



Şekil 3. Birleşik yaklaşım ile tasarlanmış arayüz modeli (A3) (Interface design gained by Unified Approach)

“T” Uçuş Gösterge Konfigürasyonu



(a) Basic 'T' flight instrument configuration



Kaynaklar: (web)

- Aviation Safety Network*
- <https://aviation-safety.net>
- Aviation Safety Database* (Kaza ve Kırım Veritabanı)
- <https://aviation-safety.net/database>
- Bazı kaza raporlarına erişim
- Havayolu, yıl, uçak tipine göre sorgulama

*(Tavsiye niteliğindedir)

AviationSafetyNetwork
an exclusive service of **Flight Safety Foundation**

FLIGHT SAFETY FOUNDATION
www.flightsafety.org

Home
Aviation safety
Database
Investigation
News
Photos
Statistics
Store
Contact
About

Last updated: 2 November 2021

LATEST NEWS

29 Oct [TSB Canada: better de-icing equipment and practices in remote and northern airports needed](#)

28 Oct [FAA warns pilots for inadvertent go-around mode activation on B757, 767](#)

26 Oct [Report: Take-off from closed runway highlights importance of checking NOTAMs](#)

20 Oct [B787-10 descended below vertical profile on approach due to wrong QNH setting](#)

19 Oct [MD-87 caught fire after runway excursion, Houston Executive Airport, TX](#)

[» more news](#) [» Subscribe to ASN News by e-mail !](#)

Safety indicator 2021

	accidents	fatalities
2021	8	116
5-yr-avg.	11	261

(Commercial (passenger & cargo))

LATEST SAFETY OCCURRENCES

02-NOV-2021 - Optimum Aviation Antonov An-26 accident: 5 dead

An Antonov An-26 cargo plane, operated by Optimum Aviation crashed shortly after takeoff from Juba Airport, South Sudan, killing all five on board..... [more.](#)

ASN Aviation Safety Database

languages:

The ASN Safety Database, updated daily, contains descriptions of over airliner, military transport category aircraft and corporate jet aircraft safety occurrences since 1919. Airliners are considered here aircraft that are capable of carrying at least 12 passengers.

The database can be accessed in different ways:

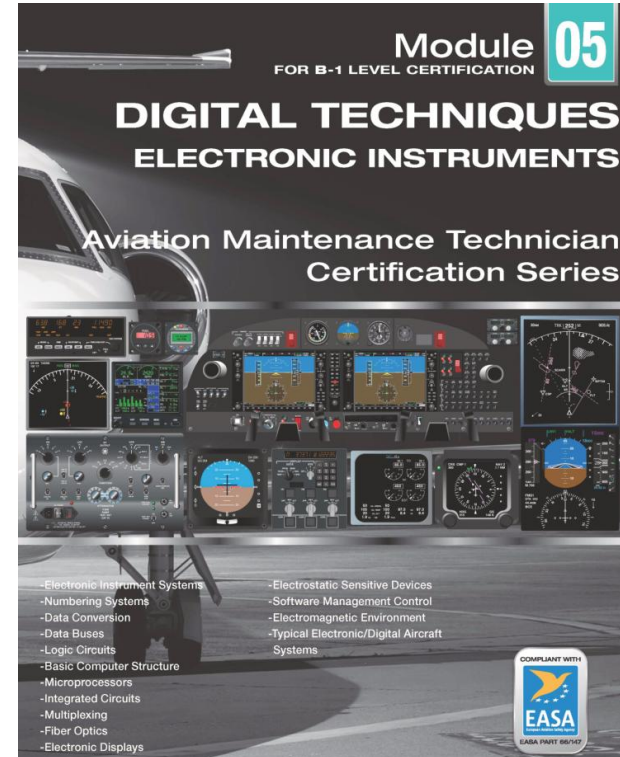
- » [Aircraft type](#) index
- » [Geographical region/country](#) index
- » [\(contributory\) Cause](#) index
- » [Airlines](#) index (alphabetical listing by country)
- » [Airport](#) list: departure/destination airports for accident/hijacked flights
- » [Registrations](#) list

[year unknown](#)

1910 | 1911 | 1912 | 1913 | 1914 | 1915 | 1916 | 1917 | 1918 | [1919](#)
[1920](#) | [1921](#) | [1922](#) | [1923](#) | [1924](#) | [1925](#) | [1926](#) | [1927](#) | [1928](#) | [1929](#)
[1930](#) | [1931](#) | [1932](#) | [1933](#) | [1934](#) | [1935](#) | [1936](#) | [1937](#) | [1938](#) | [1939](#)
[1940](#) | [1941](#) | [1942](#) | [1943](#) | [1944](#) | [1945](#) | [1946](#) | [1947](#) | [1948](#) | [1949](#)
[1950](#) | [1951](#) | [1952](#) | [1953](#) | [1954](#) | [1955](#) | [1956](#) | [1957](#) | [1958](#) | [1959](#)
[1960](#) | [1961](#) | [1962](#) | [1963](#) | [1964](#) | [1965](#) | [1966](#) | [1967](#) | [1968](#) | [1969](#)
[1970](#) | [1971](#) | [1972](#) | [1973](#) | [1974](#) | [1975](#) | [1976](#) | [1977](#) | [1978](#) | [1979](#)
[1980](#) | [1981](#) | [1982](#) | [1983](#) | [1984](#) | [1985](#) | [1986](#) | [1987](#) | [1988](#) | [1989](#)
[1990](#) | [1991](#) | [1992](#) | [1993](#) | [1994](#) | [1995](#) | [1996](#) | [1997](#) | [1998](#) | [1999](#)
[2000](#) | [2001](#) | [2002](#) | [2003](#) | [2004](#) | [2005](#) | [2006](#) | [2007](#) | [2008](#) | [2009](#)
[2010](#) | [2011](#) | [2012](#) | [2013](#) | [2014](#) | [2015](#) | [2016](#) | [2017](#) | [2018](#) | [2019](#)
[2020](#) | [2021](#)

Kaynak Kitap:

- EASA Module 05 Digital Techniques Electronic Instruments / 2016
 - Yazar: James W. Wasson, PhD.
 - Yayıncı: Aircraft Technical Book Company
 - <https://www.actechbooks.com/>



Download:

<https://www.iaepune.org/myimg/EASA%20Module%2005%20Digital%20Techniques%20Electronic%20Instruments.pdf>

Kaynaklar: (web)

- EASA Part 66 B1 Guide / Module 05.Digital Techniques / Exam Questions
- <http://part66eu.blogspot.com/p/electronic-instrument-systems.html>
- KLMUK EASA B1 Module 5 Demo (KLM UK Training / Module 5 Study Notes)
- https://klmuktraining.com/online/pluginfile.php/4169/mod_resource/content/5/KLMUK%20EASA%20B1%20Module%205%20Demo.pdf

Kaynaklar: (MEGEP)

- **Alet Sistemleri 1 / MEGEP (.pdf)***
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Alet%20Sistemleri%201.pdf
- **Alet Sistemleri 2 / MEGEP (.pdf)***
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Alet%20Sistemleri%202.pdf
- **Aletli Gösterge Ve Aviyonik Sistemler / MEGEP (.pdf)***
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Aletli%20G%C3%B6sterge%20Ve%20Aviyonik%20Sistemler.pdf
- **Komünikasyon-Navigasyon 1 / MEGEP (.pdf)***
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%201.pdf
- **Komünikasyon-Navigasyon 2 / MEGEP (.pdf)***
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%202.pdf
- **Komünikasyon-Navigasyon 3 / MEGEP (.pdf)***
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%203.pdf
- **Otomatik Uçuş / MEGEP (.pdf)***
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Otomatik%20U%C3%A7u%C5%9F.pdf
- **Dijital Uçak Sistemleri / MEGEP (.pdf)***
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Dijital%20U%C3%A7ak%20Sistemleri.pdf
- **Displayler ve Kokpit Aletleri / MEGEP (.pdf)***
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Displayler%20ve%20Kokpit%20Aletleri.pdf
- **Elektrostatik Deşarj Ve Elektromanyetik Çevre / MEGEP (.pdf)***
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Elektrostatik%20De%C5%9Farj%20Ve%20Elektromanyetik%20%C3%87evre.pdf
- **Fiber Optik / MEGEP (.pdf)***
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Fiber%20Optik.pdf
- **Kabin Bakım / MEGEP (.pdf)***
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kabin%20Bak%C4%B1m.pdf
- **Sayı Sistemleri Ve Data Çeviriciler / MEGEP (.pdf)***
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Say%C4%B1%20Sistemleri%20Ve%20Data%20%C3%87eviriciler.pdf

*(MEB Yayınları)