

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

UÇAK BAKIM

**MOTOR GÖSTERGE SİSTEMLERİ
525MT0215**

Ankara, 2011

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

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. MOTOR BÖLGESEL SICAKLIKLARI VE BASINÇLARI	3
1.1. Egzoz Sıcaklığı	5
1.2. Türbin Kademeler Arası Hararet Sistemleri.....	6
1.3. Yağ Basıncı ve Sıcaklığı	8
1.3.1. Yağ Sistemi Göstergeleri	9
1.3.2. Nacelle Sıcaklık Göstergesi	9
1.4. Yakıt Basıncı Sıcaklığı ve Akışı	10
1.4.1. Fuel Flow (Yakıt akış) Göstergesi.....	12
1.4.2. Fuel Used (Kullanılan yakıt) Göstergesi	12
1.5. Manifold Basıncı.....	14
1.6. Motor Thrust Göstergesi	15
1.7. Motor Basınç Oranı (EPR).....	16
1.8. Motor Türbin Deşarj Basıncı veya Jet Pipe Basınç Sistemi.....	19
UYGULAMA FAALİYETİ	20
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	23
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	24
2. MOTOR HIZI VE TORKU	24
2.1. Motor Hızı.....	24
2.1.1. Variable Reluctance Tip Sensör	24
2.1.2. Tachometer Generator Tip Sensör	27
2.2. Pervane Hızı.....	29
2.3. Motor Torku.....	30
2.4. Motor Vibrasyon Göstergesi.....	30
2.4.1. Vibrasyon İzleme Sisteminin Ana Elemanları.....	30
UYGULAMA FAALİYETİ	34
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	36
MODÜL DEĞERLENDİRME	37
CEVAP ANAHTARLARI	39
KAYNAKÇA	40

AÇIKLAMALAR

KOD	525MT0215
ALAN	Uçak Bakım
DAL/MESLEK	Ortak Alan (Gövde-Motor ve Elektronik)
MODÜLÜN ADI	Motor Gösterge Sistemleri
MODÜLÜN TANIMI	Motor gösterge sistemleri ile ilgili temel bilgi ve becerilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/16
ÖN KOŞUL	
YETERLİK	Gaz türbinli tip uçak motorlarında kullanılan motor gösterge sistemlerinin bakımını yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Motor gösterge sistemlerinin bakımını tekniğine uygun olarak hatasız yapabileceksiniz. Amaçlar 1. Bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde motor bölgesel sıcaklık ve basınç sistem elemanlarının bakım ve onarımını yapabileceksiniz. 2. Bakım dokümanlarında belirtildiği şekilde motor hızı ve torku sistem elemanlarının bakım ve onarımını yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Sınıf, işletme, kütüphane, hangar gibi bireysel veya grupta çalışabileceğiniz tüm ortamlar Donanım: Motor gösterge sistemine sahip maket ve uçaklara ait tüm aksesuarlar, iş güvenliği ile ilgili donanımlar
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığımız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Bir araç sürücüsünün aracını güvenle kullanabilmesi için gözlerinin çok iyi görmesi yeterli değildir. Sürücünün çok iyi gören bir çift gözü yanında aracının o anki durumu hakkında bilgi veren göstergelerine de ihtiyacı var.

Asfalt yolda giden bir araç için durum böyle iken yerle bir irtibatı olmayan havadaki uçak için göstergeler daha da önem arz etmektedir. Pilot ne kadar sağlam gözlere sahip olursa olsun eğer göstergeler olmaz ise adeta kör olmuş gibidir.

Bu modül sonunda uçakta bulunan göstergelerden motora ait olanlar hakkında bilgi sahibi olacaksınız. Umuyoruz ki edindiğiniz bu bilgiler daha sonraki meslek hayatınızda size ışık tutacaktır.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bir uçak motorunun değişik bölgelerindeki sıcaklık ve basınç ölçümünün göstergelerle nasıl ifade edildiğini öğreneceksiniz.

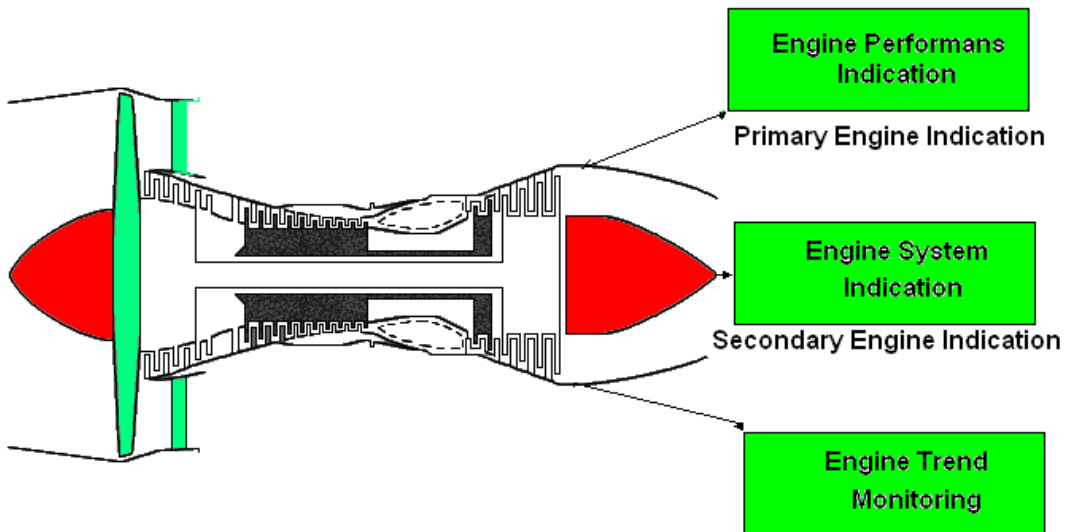
ARAŞTIRMA

- Konu ile ilgili olarak internetten, okulunuzdaki laboratuvar ortamından ve varsa ilinizdeki uçak bakım tesislerinden bilgi alınız.

1. MOTOR BÖLGESEL SICAKLIKLARI VE BASINÇLARI

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. Temelde üç ayrı kategori altında toplanmıştır:

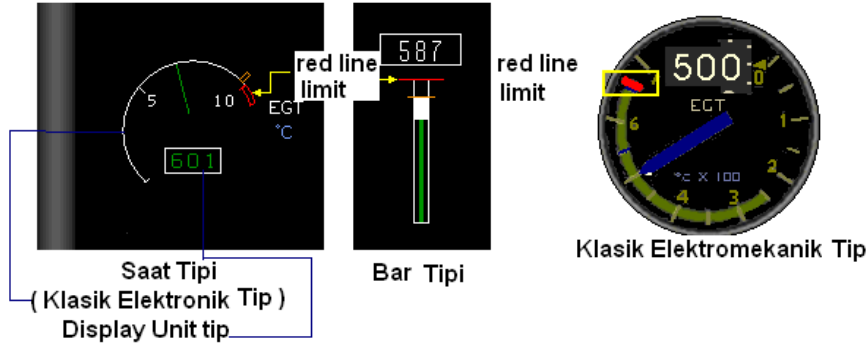
- Performans göstergeleri (Primer göstergeleri)
- Sistem göstergeleri (Sekonder göstergeleri)
- Trend izlemede gereken göstergeler (Genellikle kokpit göstergeleri değildir.)



Şekil 1.1: Motor sistemleri

Kokpitteki göstergeler “analog” ve “dijital” tiptedir.

- Analog göstergeler trendin izlemesine olanak verir. İki gruptur:
 - Saat (gage) tipi (klasik elektronik tip \ display unit tip)
 - Bar tipi (EICAS display unit)
- Dijital göstergeler tam değeri verir. İki gruptur:
 - Klasik elektromekanik tip
 - Display unit (ECAM \ EICAS)



Resim 1.1: Gösterge çeşitleri

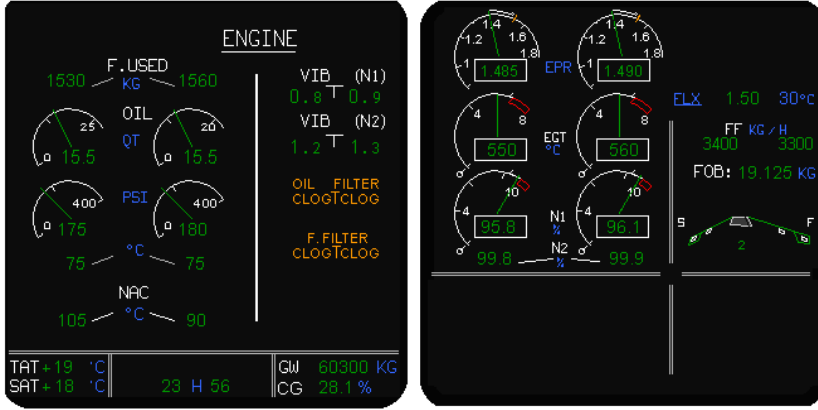
Limiti aşan göstergeler ve bazı sistem arızaları için **ECAM** ve **EICAS** sayfaları üzerinde uyarılar çıkar (WARNING \ CAUTION). Bunlar:

- Limit aşımaları (EGT, N1 vb.)
- Düşük yağ basıncı (low oil pressure)
- Tıkalı filtre (filter clogged)
- Thrust reverser unlock

Diğer performans göstergeleri :

- Egzoz gaz sıcaklığı (EGT – Exhaust Gas Temperature)
- Core devir hızı (N2)
- Yakıt akış oranı (FF – Fuel Flow)

Göstergeye veri girişi, genellikle sensör veya “probe”un aldığı sensin (algılama), elektriksel yolla göstergeye iletilmesi şeklindedir.

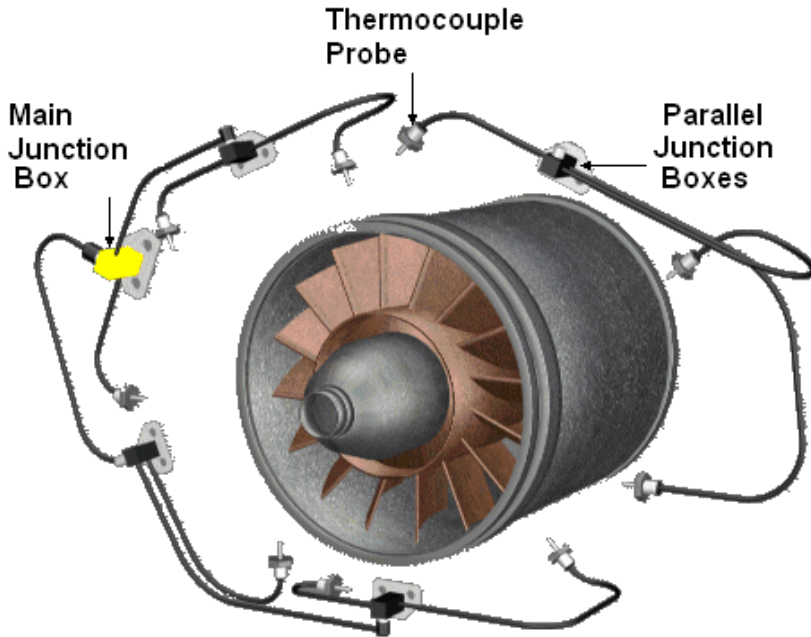


Resim 1.2: Display unit üzerindeki bazı motor göstergeleri

Modern motorlarda sensörler FADEC sistemi içinde bulunur. Veriler, FADEC computer'e gönderilir. Computer veriyi kokpitteki göstergeye veya display sisteme gönderir. Bazı veriler motorun kumandasında da kullanılır.

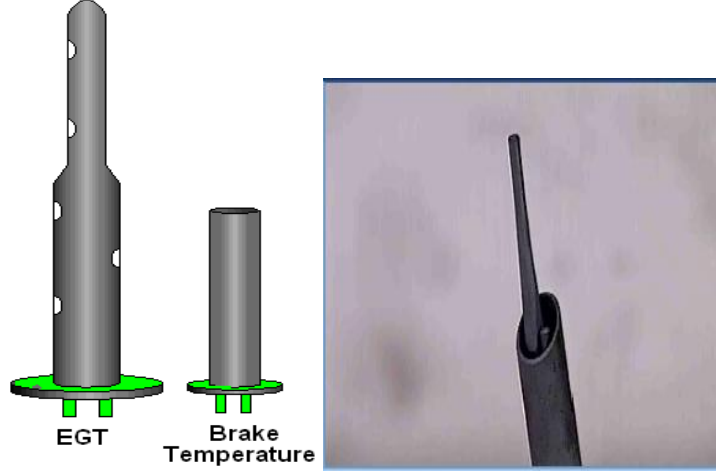
1.1. Egzoz Sıcaklığı

Egzoz gaz sıcaklığı (Exhaust Gas Temperature) her motordan alınması gereken bir göstergedir. Bu yolla motor egzoz sıcaklıkları her an izlenir. Yüksek sıcaklıklar ve limit aşımaları saptanır. Motorda en yüksek sıcaklıklar türbin girişinde meydana gelir, bu bölge 1400 °C'yi aşan sıcaklıklara ulaşır. Resim 1.3'te EGT ölçümünde kullanılan ana donanımlar ve bağlantısı görülmektedir.



Resim 1.3: EGT ölçümünde kullanılan donanım

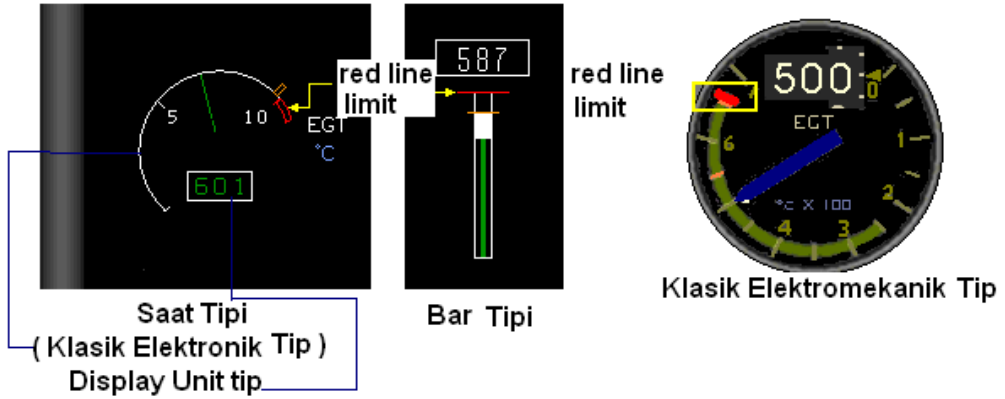
Çok yüksek olan bu sıcaklığı ölçmek pratikte zor olduğundan ölçme daha soğuk olan HP türbin LP türbin arasında kalan bölgede veya LP türbin çıkışında yapılır. Türbin girişi ile bu bölgelerdeki gaz sıcaklıkları arasında doğru bir orantı olduğundan bu noktalardan yapılan ölçümler, türbin sıcaklıkları için referans değerler oluşturur.



Resim 1.4: Thermocouple “probe” un yakından görünüşü

Kokpit göstergeleri genelde şu şekilde olur:

- Display unit üzerinde saat tipi skala
- Display unit üzerinde hareket eden bar
- Klasik elektro mekanik gösterge

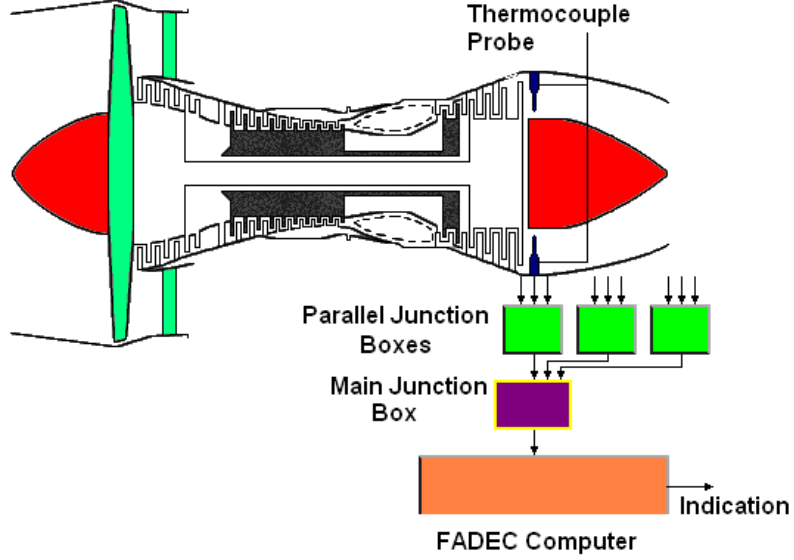


Resim 1.5: EGT göstergelerinin değişik tipleri

1.2. Türbin Kademeler Arası Hararet Sistemleri

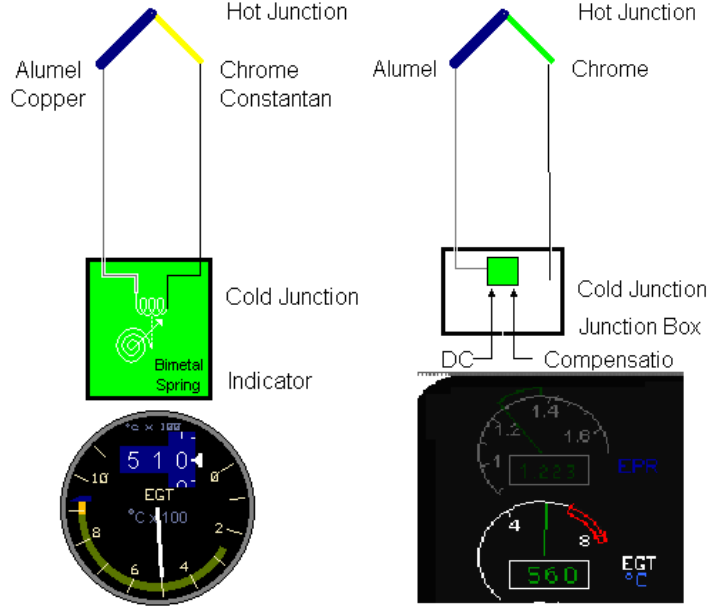
Farklı noktalardan ölçüm yapılabileceğini göz önüne aldığımızda maksimum EGT değeri yaklaşık 600-950 °C arasında değişir. Yüksek sıcaklık ölçüldüğünden sistemde “Thermocouple” tip sensörler kullanılır. Sensör, sıcaklıkla orantılı DC voltaj üretir. Türbin case üzerinde birden fazla thermocouple vardır. Paralel bağlı olduklarından ortalama bir

çıkış voltajı alınır. Junction box üzerinde sinyal transferi olur. Şekil 1.3'te bu bağlantı görülmektedir.

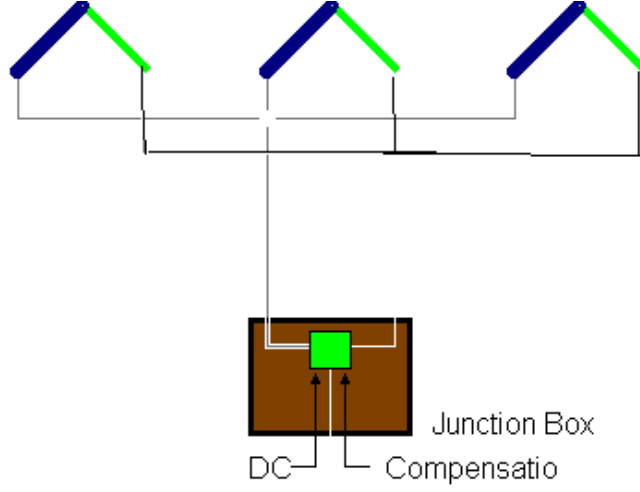


Şekil 1.2: EGT sisteminin genel bağlantı şeması

Aşağıdaki şekilden de anlaşıldığı gibi thermocouple “probe”un yapısında alüminyum ve krom olmak üzere farklı iki metal kullanılmıştır. Yüksek ısı altında oluşan gerilim göstergede ısı miktarını belirlemektedir.



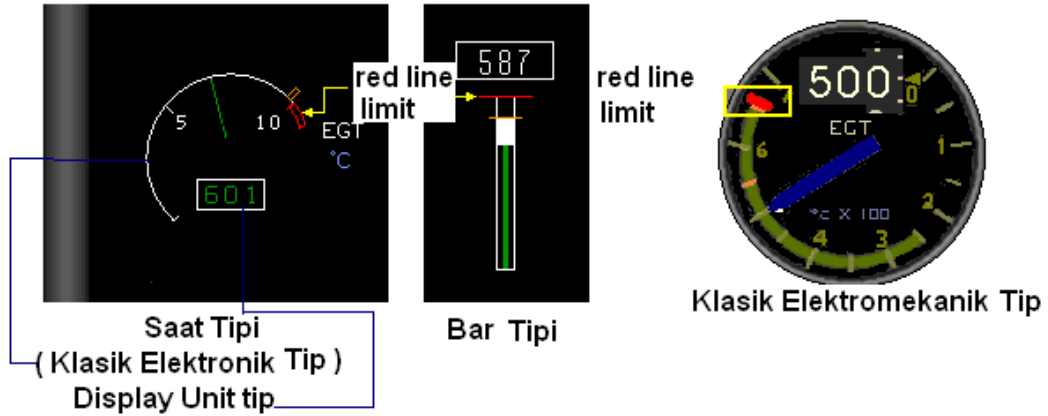
Resim 1.6: Thermocouple “probe”un yapısı ve göstergeye sinyalin iletilmesi



Şekil 1.3: Birbirine paralel bağlı thermocouple problarda gerilim oluşumu

Kokpit göstergeleri genelde şu şekilde olur:

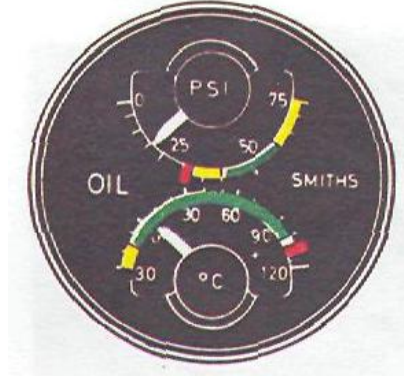
- Display unit üzerinde saat tipi skala
- Display unit üzerinde hareket eden bar
- Klasik elektromekanik gösterge



Resim 1.7: Kokpit göstergeleri

1.3. Yağ Basıncı ve Sıcaklığı

Elektromekanik tiplerde motor yağ tazyik ve hararet göstergesi çift ibreli bir göstergedir. Üst kısımda 0'dan 75 PSI'ya kadar ayrılmış olan skala üzerinden motorda dolaşan yağın tazyikini PSI cinsinden -30 °C'den +120 °C'ye kadar bölümlere ayrılmış alt skalada ise motoru soğutma amacı için kullanılan yağın hararetini C° cinsinden gösterir. Yağ tazyik sistem transmitteri hissedilen yağ basıncını elektriksel olarak yağ tazyik göstergesine gönderir. Motor yağ hararet hissedicisi ise motorda soğutma amacıyla sistemde dolaşan yağın hararetini elektriksel olarak yağ hararet saatine gönderir.



Resim 1.8: Klasik elektromekanik yağ basınç ve sıcaklık göstergesi

1.3.1. Yağ Sistemi Göstergeleri

- Yağ miktarı (Oil quantity)
- Yağ basıncı (Oil pressure)
- Yağ sıcaklığı (Oil temperature)
- Tıkalı filtre (Filter clogged)



Resim 1.9: Display unit üzerindeki yağ göstergeleri

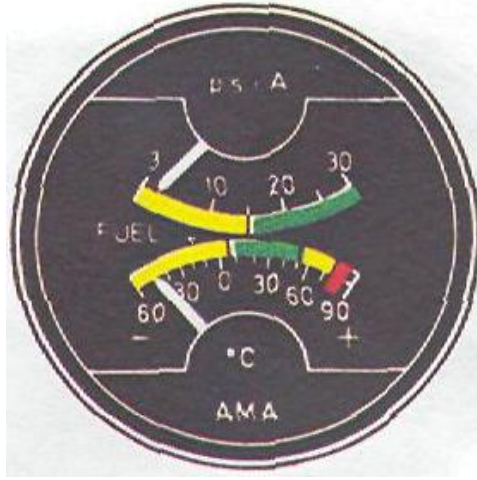
1.3.2. Nacelle Sıcaklık Göstergesi

Motorla kaportalar arasında kalan bölgenin sıcaklığını verir. Nacelle içinde sıcak hava kaçağı varsa gösterge ısısı artar.

1.4. Yakıt Basıncı Sıcaklığı ve Akışı

Genelde her iki motora ait yakıt tazyik ve hararet göstergesi motor gösterge panelinde bulunur. Yakıt tazyik ve hararet göstergesi mekanik tiplerde çift ibreli bir gösterge olup bu göstergeler, yakıt ana shut off (kapatma) valflerinin önlerindeki basınç transmitterleri (verici) ile yakıt ön ısıtıcısının arkasında bulunan hararet hissedicisi elemanları ile elektriksel olarak bağlantılı olur. Yakıtın basıncı ve hararetini göstermeye yarar. Bu göstergelerin her birinde ikişer adet skala vardır. Yakıt basıncı, gösterge üst bölüm çizgisinde 3 PSI'dan 30 PSI kadran taksimatına bölünmüş skaladan görünür. Yakıt hararetini ise gösterge alt çizgisinde -60°C ile $+90^{\circ}\text{C}$ arasında kadran taksimatına bölünmüş alt skalasında gösterir. Sistem çalışma takati 28 V DC'dir.

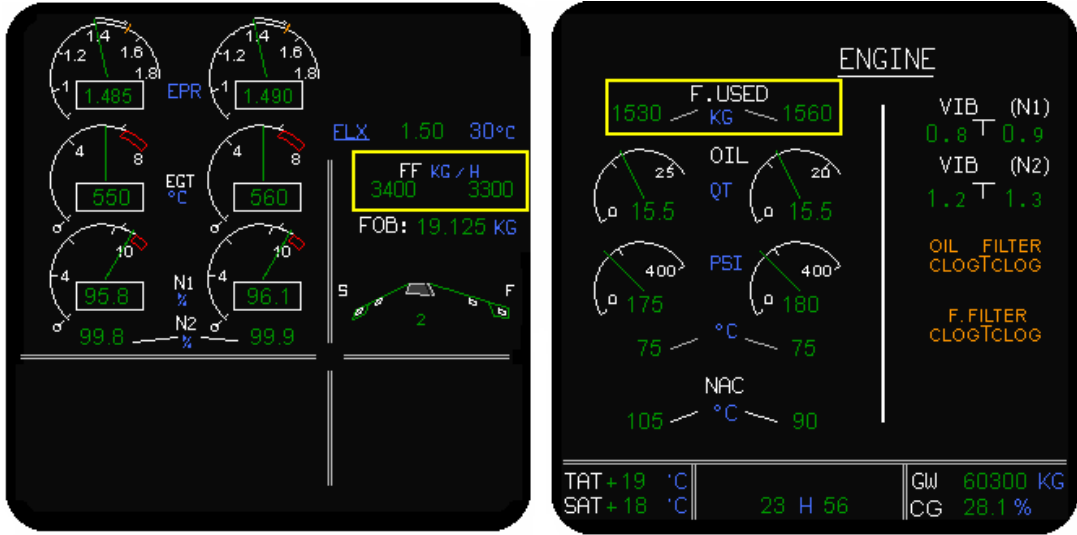
- “Shut off”lar açık iken yaklaşık olarak 14 PSI değer gösterir.



Resim 1.10: Yakıt tazyik ve hararet göstergesi

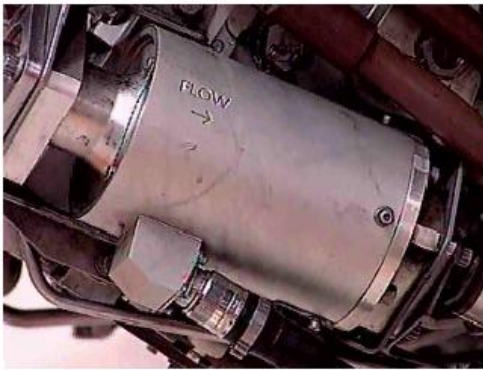
- Fuel flow (yakıt akış) gösterge sistemi pilota iki farklı gösterge sağlar:
 - Actual fuel flow (gerçek yakıt akışı), motora gelen yakıt oranı (kg/saat veya ton/saat)
 - Fuel used (kullanılmış yakıt), motorun startından itibaren kullanılmış yakıt (kg veya ton)

Resim 1.11’de display unit üzerinde sarı dikdörtgen içine alınmış göstergeler “fuel flow” ve “fuel used”i göstermektedir.

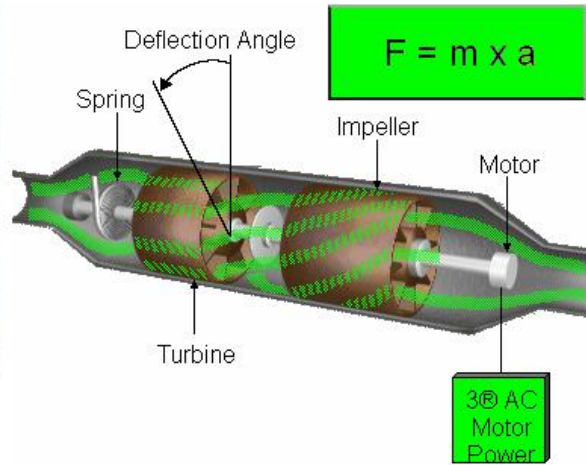


Resim 1.11: Display unit üzerindeki fuel flow(ff) ve fuel used göstergeleri

Aşağıda Resim 1.15'te yakıt akış ölçümünde kullanılan parçalar ve sistemin yapısı görülmektedir.



Resim 1.12: Yakıt akış ölçümü



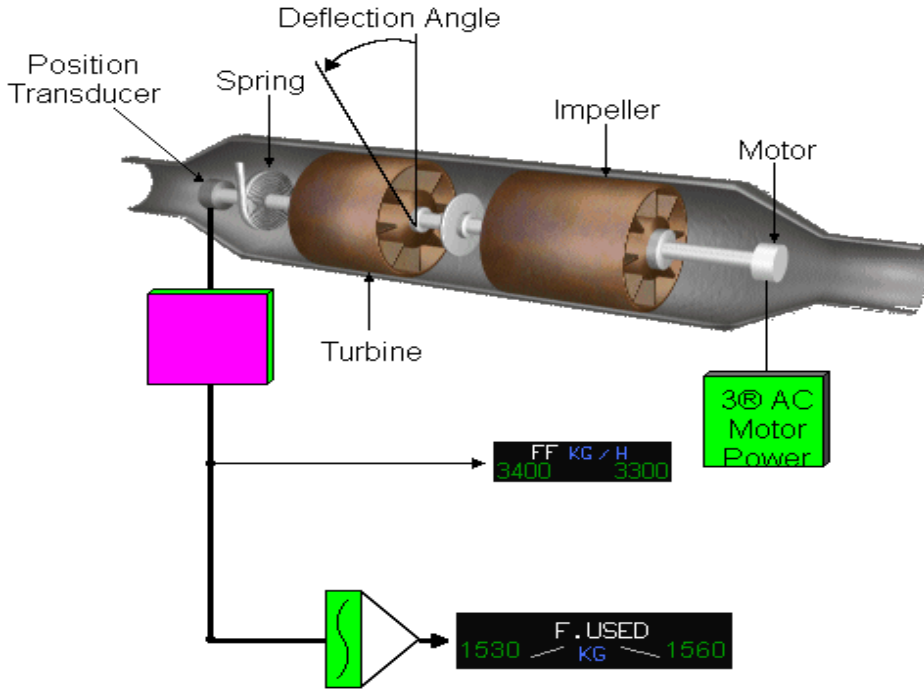
Şekil 1.4: Yakıt akış ölçüm sistemi

1.4.1. Fuel Flow (Yakıt akış) Göstergesi

Motorun performansı ve ne ölçüde ekonomik çalıştığı izlenir. Bir uçakta motorlar genellikle aynı takate set edildiklerinden göstergelerin de buna paralel olarak aynı değerleri göstermesi gerekir.

1.4.2. Fuel Used (Kullanılan yakıt) Göstergesi

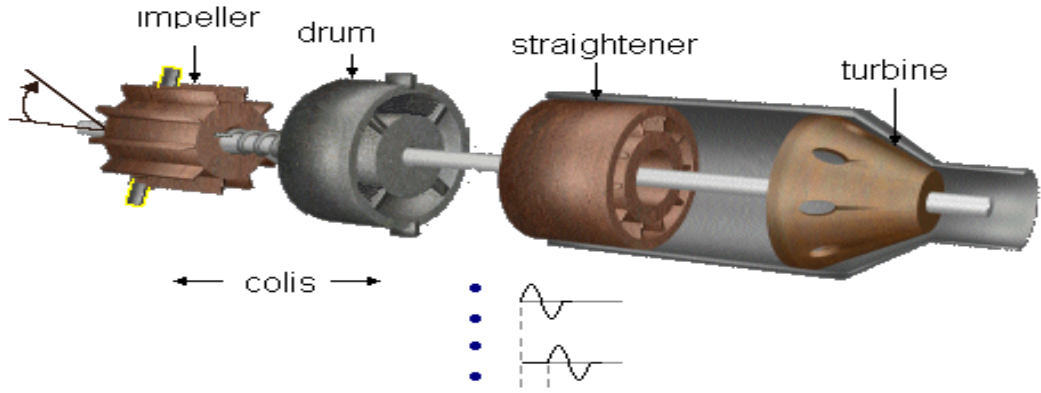
Bu gösterge, yerde yapılan en son motor startından itibaren, motorun harcadığı (yaktığı) yakıt miktarını gösterir. Bir anlamda, uçağın farklı motorlarının performanslarının kıyaslanabilmelerini sağlar. Bu gösterge, pilotun uçakta mevcut gerçek yakıt miktarını da hesaplamasını sağlar.



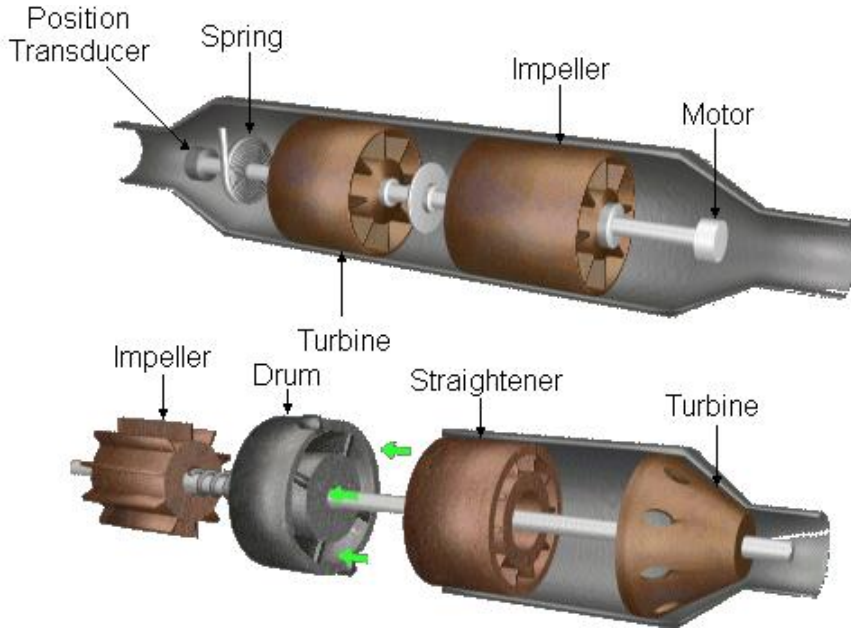
Şekil 1.5: Yakıt akışının ve yakıt ölçümünün göstergeye iletilmesi

$$\text{Actual Fuel Quantity} = \text{Fuel Quantity (at Takeoff)} - \text{Fuel Used}$$

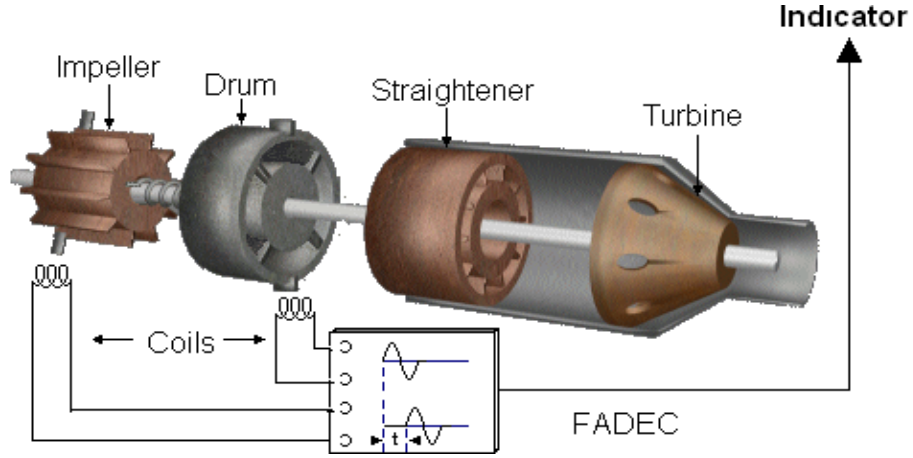
Uçak yerde iken “Engine Master Switch” ON yapıldığında fuel used değeri sıfırlanır. Motorda, her iki gösterge uçakta mevcut gerçek yakıt miktarlarında hesaplanmasını sağlayan bir “Fuel Flow Transmitter” bulunur. Yakıt kontrol ünitesi ile yakıt nozulları arasında bulunan transmitter, yakıt akış kütlelerini ölçer.



Şekil 1.6: Sistemin iç yapısı



Şekil 1.7: Sistemden yakıtın geçtiği yerler



Şekil 1.8: Elektrik sinyallerinin göstereye iletilmesi

1.5. Manifold Basıncı

Palleri ayarlanabilir pervanelerde, motorun gücünü ayarlama farklı kontrollerden yararlanır. Manifold basınç göstergesi bir tür barometredir. Pistonlu motorlarda emme manifoldunun iç yüzeyindeki basınç ölçülmesinde kullanılır. Manifold basıncı gaz kolu ile kontrol edilir. Göstere bu basınç inç/Hg olarak gösterir. Manifold basıncı gaz kolu ileri hareket ettirildiğinde artar, geri hareket ettirildiğinde azalır.

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 azacağından manifold basıncı da azalır.

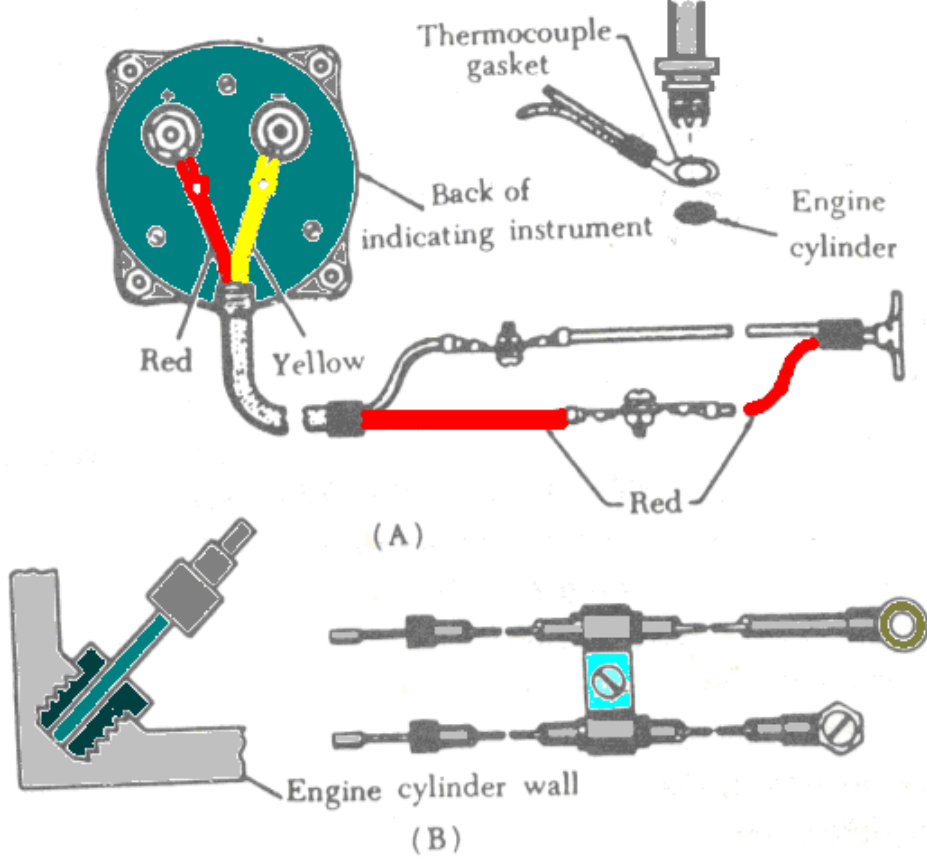
Sabit irtifada ve sabit motor devrinde (RPM) motorun gücü silindirlere giden benzin/hava karışımının miktarı ile doğru orantılıdır.



Resim 1.13: Manifold basınç göstergeleri

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.

Standart atmosfer şartlarında manifold basıncı yaklaşık olarak her 1000 feet yükselmeye 1 inch/Hg azalır.



Şekil 1.9: Manifold basınç göstergesi sisteminin bağlantısı

1.6. Motor Thrust Göstergesi

Motor basınç oranı (EPR) değer olarak motor thrustına karşılık gelir. Bu olay 1.7. numaralı konuda anlatılmıştır. Motor performansı ve limitlerinin izlenmesi, farklı uçuş koşulları ve “thrust”ın set edilmesi içindir. Thrust’ın set edildiği ve izlendiği gösterge, panel üzerinde en tepede yer alır. Thrust doğrudan ölçülemez. Ancak karşılık gelen iki farklı göstergeden biri kullanılır. Bunlar;

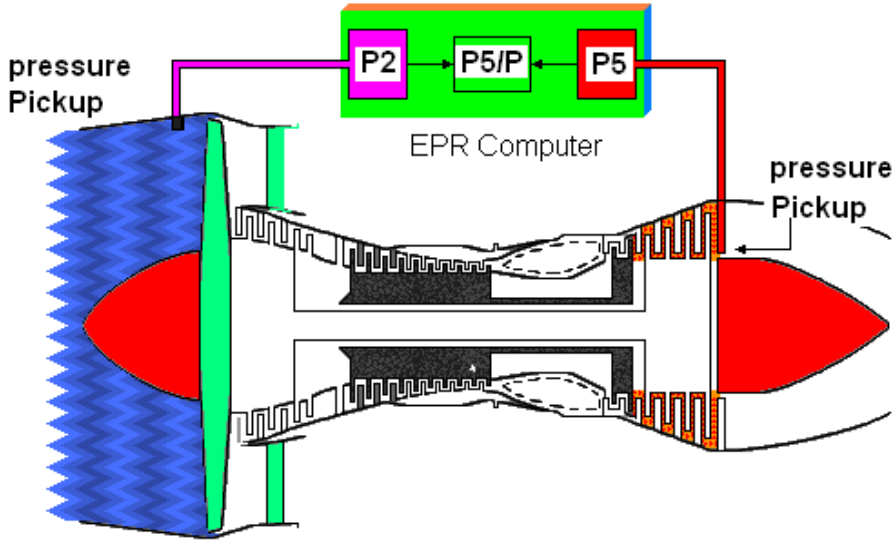
- Fan devir hızı (N1),
- Motor basınç oranı (EPR – Engine Pressure Ratio)dır.

1.7. Motor Basınç Oranı (EPR)

Motor basınç oranı (Engine Pressure Ratio) bazı motor ve uçak kombinasyonlarında kullanılan bir göstergedir. Değer olarak motor thrust'ına karşılık gelir. Söz konusu oran, türbin çıkışı toplam basıncının fan girişindeki toplam basıncına oranıdır. Motor takati N1'e göre set edilen motorlarda EPR göstergenin kullanılmasına gerek yoktur.

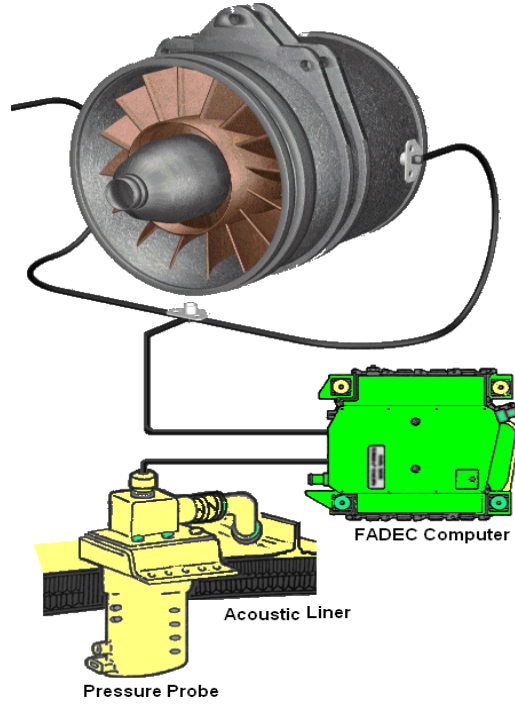
Her EPR gösterge sistemi üç ana parçaya ayrılır:

- Borularla computer'e bağlı iki adet basınç sensörü (pick-up)
- Computer (Ayrı bir transmitter veya FADEC'in bir parçası olabilir.)
- Kokpit göstergesi

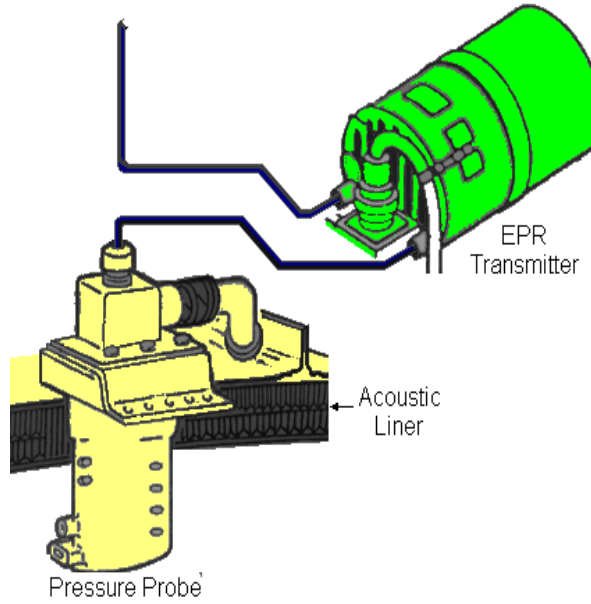


Şekil 1.10: EPR sistemi

Her iki sensörün EPR transmitter veya FADEC'ye ilettiği basınç değerleri burada elektrik sinyallerine dönüşür. Transmitter de bunu sağlayan bir elektromekanik basınç transducer'i (dönüştürücü) vardır. Modern motorlarda EPR hesaplanmasını FADEC computer içindeki mevcut elektronik basınç transducer'i yapar.



Şekil 1.11: FADEC'li EPR sistemi



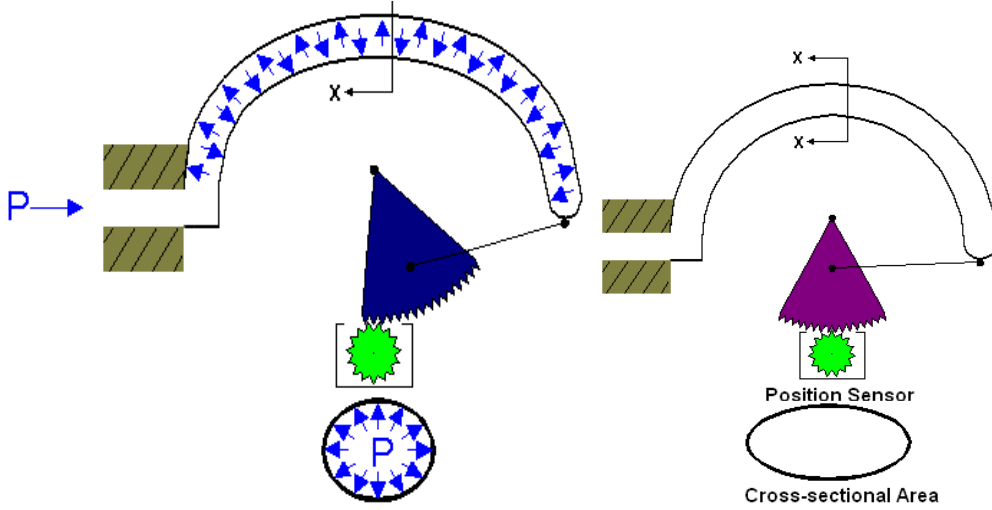
Şekil 1.12: EPR transmitter'li sistem

Resim 1.14'te pressure probe'un şekli ve Şekil 1.13 ve 1.14'te de pressure probe'un yapısı ve çalışması görülmektedir.



Resim 1.14: Pressure prop (basınç sondası)

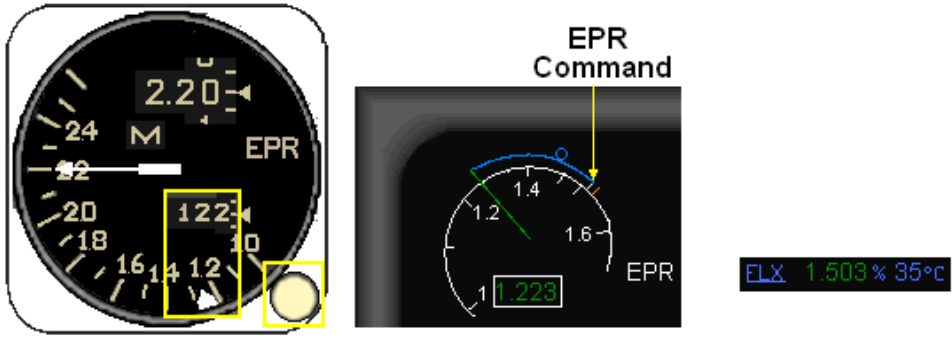
Tüp içine dolan basınç tüpü hareket ettirilerek aşağıdaki dişli sistemin hareket etmesi sağlanır.



Şekil 1.13: Pressure "probe"un çalışmasını

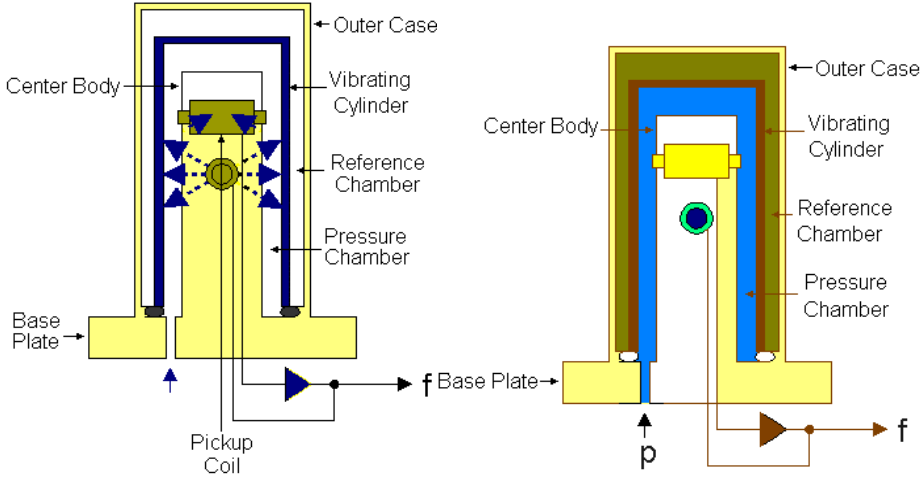
İki tip kokpit göstergesi kullanılır. Bunlar:

- Display unit (Modern uçaklarda vardır.)
- Klasik elektromekanik gösterge (Eski uçaklarda vardır.)



Resim 1.15: Gösterge tipleri

EPR, thrust'a karşılık gelen bir değer olduğundan "N1 Command" ile aynı fonksiyona sahip "EPR Command" değeri göstergede yer alır.



Şekil 1.14: Pressure probe yapısı

1.8. Motor Türbin Deşarj Basıncı veya Jet Pipe Basınç Sistemi

Türbin deşarj basıncının belirlenmesinde EPR göstergesinden yararlanılır. Çünkü türbin giriş ve türbin çıkış basınçlarının oranı EPR'yi vermektedir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Motor gösterge sistemlerinin kontrollerini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ EGT sisteminin kontrollerini yapınız.➤ Türbin kademeler arası hararet sistemlerinin kontrollerini yapınız.➤ Yağ basıncı ve sıcaklığı gösterge sistemlerinin kontrollerini yapınız.➤ Yakıt basıncı, sıcaklığı ve akışı gösterge sistemlerinin kontrollerini yapınız.➤ Manifold basıncı gösterge sistemlerinin kontrollerini yapınız.➤ Motor basınç oranı (EPR) gösterge sistemlerinin kontrollerini yapınız.➤ Motor türbin deşarj basıncı veya jet pipe basınç sistemi göstergelerinin kontrollerini yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Arızalı olan “themocouple”ları yenisi ile değiştiriniz.➤ Main junction box (ana birleşme kutusu) bağlantılarını kontrol ediniz.➤ Parallel junction box’ı (paralel bağlantı kutuları) kontrol ediniz.➤ EGT göstergesi, elektromekanik tip gösterge ise yenisi ile değiştiriniz.➤ EGT sisteminin kontrollerinde yapılan kontrollerin hepsini burada da yapınız.➤ Yağ tazyik sistem transmitterini ve bağlantılarını kontrol ediniz.➤ Arızalı transmitteri yenisi ile değiştiriniz.➤ Motor yağ hararet hissedicisini ve bağlantılarını kontrol ediniz.➤ Arızalı plan yağ hararet hissedicisini yenisi ile değiştiriniz.➤ Eğer gösterge elektromekanik tip gösterge ise yenisi ile değiştiriniz.➤ Yakıtın basıncını ölçen yakıt ana shut off (kapatma) valflerinin önlerindeki basınç transmitterlerinin (verici) ve bağlantısının kontrolünü yapınız.➤ Yakıtın hararetini göstermeye yarayan yakıt ön ısıtıcısının arkasında bulunan hararet hissedicisi elemanlarını ve elektriksel bağlantılarını kontrol ediniz.➤ Fuel flow (yakıt akış) göstergesi sistemini kontrol ediniz.➤ Arızalı olan parçaları değiştiriniz.➤ Eğer gösterge elektromekanik tip gösterge ise yenisi ile değiştiriniz.➤ Manifold basınç sisteminin ölçümünde kullanılan tüm parçaları ve bağlantıları kontrol ediniz.➤ Arızalı olan parçaları değiştiriniz.➤ Manifold basınç göstergesi bir tür barometre olduğu için motor durdurulduğunda uçağın bulunduğu yerdeki atmosfer basıncını gösterir. Siz de konunuza göre olması gereken basınç değeri ile göstergenin gösterdiği basınç değerini karşılaştırınız.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Değerler birbirini tutmuyorsa göstereyi yenisi ile değiştiriniz.➤ EPR gösterge sisteminde kullanılan ve borularla computer'e bağlı iki adet basınç sensörünün kontrollerini yapınız. Arızalı sensörü değiştiriniz.➤ Sistemde computer kullanılıyorsa bağlantılarını kontrol ediniz.➤ Computer değil de transmitter veya FADEC'nin bir parçası olarak computer kullanılıyorsa bu parçaları ve bağlantılarını kontrol ediniz.➤ Transmitter'in bünyesinde bulunan elektromekanik basınç transducer'ini kontrol ediniz.➤ Eğer gösterge elektromekanik tip gösterge ise yenisi ile değiştiriniz.
--	--

KONTROL LİSTESİ

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

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Motor göstergeleri, motor ve sistemlerine ait parametrelerin izlenmesini sağlar.		
2. Kokpitteki göstergeler “analog” ve “dijital” tiptedir.		
3. Göstergeye veri girişi, genellikle mekanik veya pnomatik yolla iletilmesi şeklindedir.		
4. Motorda en yüksek sıcaklıklar türbin çıkışında meydana gelir.		
5. Yüksek sıcaklık ölçüldüğünden EGT sisteminde “thermocouple” tip sensörler kullanılır.		
6. Thermocouple sensör sıcaklıkla orantılı AC voltaj üretir.		
7. EGT sisteminde türbin case üzerinde birden fazla thermocouple vardır. Seri bağlı olduklarından ortalama bir çıkış voltajı alınır.		
8. Nacelle sıcaklık göstergesi, motorla kaportalar arasında kalan bölgenin sıcaklığını verir.		
9. Actual fuel quantity = Fuel quantity (at takeoff) +Fuel used’dir.		
10. Fuel flow (yakıt akış) göstergesi sayesinde motorun performansı ve ne ölçüde ekonomik çalıştığı izlenir.		
11. Thrust doğrudan ölçülemez. Ancak karşılık gelen iki farklı göstergeden biri kullanılır.		
12. Modern motorlarda EPR hesaplanmasını, FADEC computer içindeki mevcut elektronik basınç transducer’i yapar.		

DEĞERLENDİRME

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

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi motor ve sistemlerin izlenmesini sağlayan bir gösterge değildir?
A) Performans göstergeleri (Primer göstergeler)
B) Sistem göstergeleri (Sekonder göstergeler)
C) Trend izlemesinde gereken göstergeler
D) İniş takım ikaz sistemleri
2. EGT ölçümü sensörlerle genelde nereden yapılır?
A) HP türbin-LP türbin arasında veya LP türbin çıkışında
B) HP türbinden önce
C) Türbin girişinde
D) Hepsi
3. Aşağıdakilerden hangisi genelde kokpitte kullanılan bir gösterge değildir?
A) Display unit üzerinde saat tipi skala
B) Display unit üzerinde hareket eden bar
C) Hidrolik tip gösterge
D) Klasik elektromekanik gösterge
4. Aşağıdakilerden hangisi yağ sistemi göstergelerinden biri değildir?
A) Yağ miktarı (Oil quantity)
B) Yağ basıncı (Oil pressure)
C) Yağ sıcaklığı (Oil temperature)
D) Yağ akış hızı (Oil flow speed)
5. Aşağıdakilerden hangisi EPR gösterge sistemi ana parçalarından biri değildir?
A) Borularla computer'e bağlı iki adet basınç sensörü (pick-up)
B) Thermocouple sensör
C) Computer (Ayrı bir transmitter veya FADEC'nin bir parçası olabilir.)
D) Kokpit göstergesi
6. Manifold basınç göstergesi hangi amaçla kullanılır?
A) Emme manifoldundaki benzin hava karışımının hızını ölçmek
B) Emme manifoldundaki benzin hava karışımının miktarını ölçmek
C) Emme manifoldundaki benzin hava karışımının basıncını ölçmek
D) Emme manifoldundaki benzin hava karışımının ısısını ölçmek

DEĞERLENDİRME

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Uçak motorundaki hız ve tork ölçümünün göstergelerle nasıl yapıldığını anlayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Konu ile ilgili olarak internetten, okulunuzdaki laboratuvar ortamından ve varsa ilinizdeki uçak bakım tesislerinden bilgi alınız.

2. MOTOR HIZI VE TORKU

2.1. Motor Hızı

Motorlarda her rotor sisteminin kendi göstergesi vardır. Bunlar:

- N1- Fan devir hızı (LP Rotor)
- N1- Core devir hızı (HP Rotor)

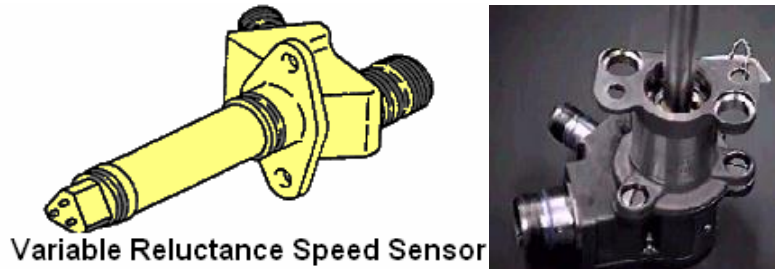
Üç rotorlu motorlarda (N3) göstergesi vardır. Kokpit göstergesi, tasarım hızının yüzdesi (%) olarak ifade edilmiştir. Sistem üç bölümden oluşur:

- Sensör
- Veri iletimi
- Gösterge

Hız ölçmede iki tip sensör kullanılır. Bunlar, variable reluctance tip sensör ve tachometer generator tip sensördür.

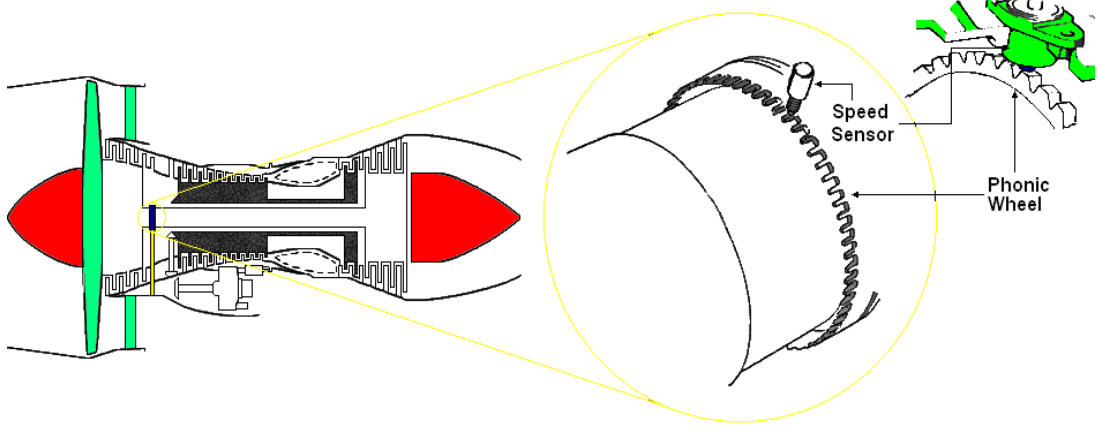
2.1.1. Variable Reluctance Tip Sensör

Genellikle N1 rotor devir hızının ölçülmesinde kullanılır.



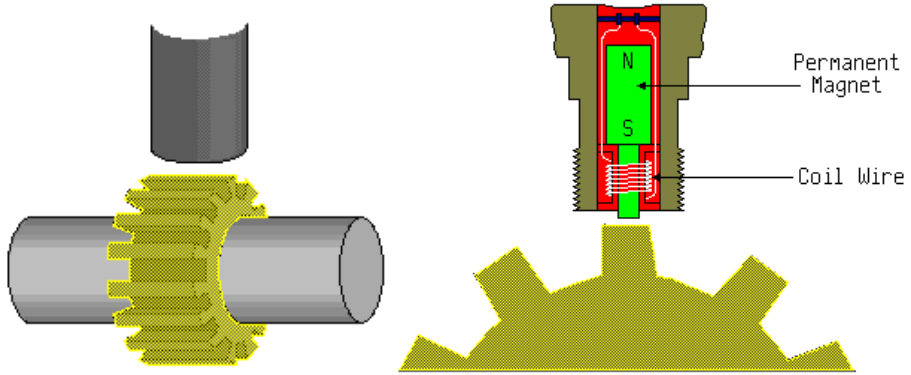
Resim 2.1: Variable reluctance tip sensör

Aşağıdaki Resim 2.2’de sensörlerin bulunduğu kısımlar görülmektedir.



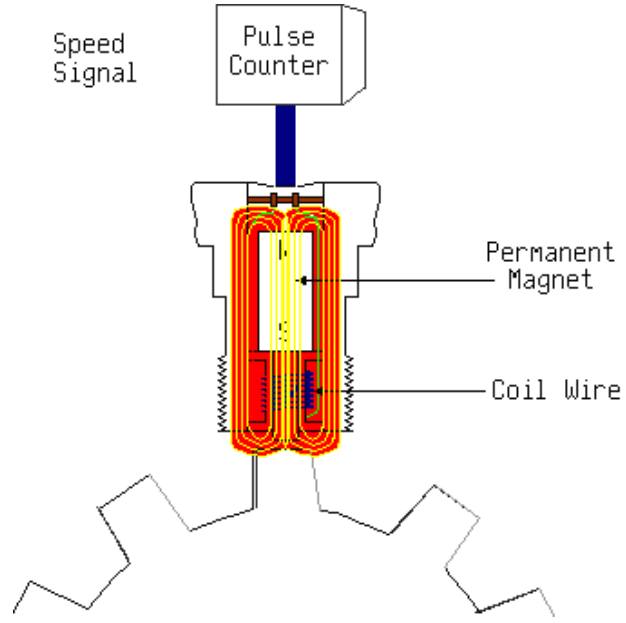
Şekil 2.1: Variable reluctance tip sensörün kullanılması

Aşağıda sensörle hız ölçümünün nasıl yapıldığı görülmektedir.



Şekil 2.3: Variable reluctance tip sensörün çalışması

Sensörde oluşan manyetik alan değişimleri elektrik sinyallerine dönüştürülerek hız ölçümü yapılır.



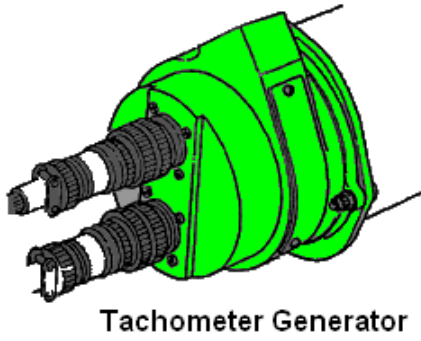
Şekil 2.4: Variable reluctance tip sensörde manyetik alan oluşumu



Resim 2.2: Uçaktaki yeri

2.1.2. Tachometer Generator Tip Sensör

N2 rotor devir hızının ölçülmesinde kullanılır. Genellikle dişli kutusu üzerinde bulunur.

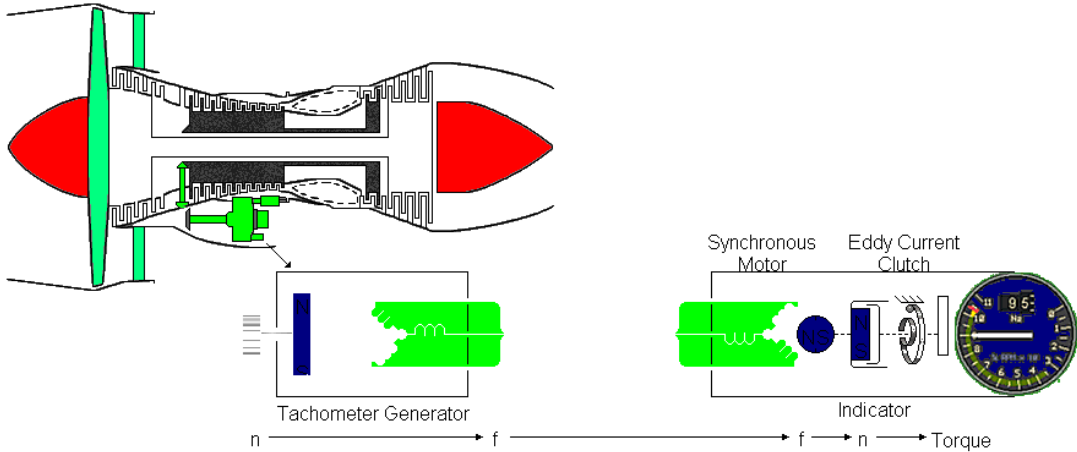


Şekil 2.5: Tachometer generator tip sensör



Resim 2.3: Tachometer generator ve dişli kutusuna bağlantısı

Şekil 2.6’da motor hızının tachometer generator tip sensör ile ölçülerek bu hızın göstergeye iletilişi görülmektedir.

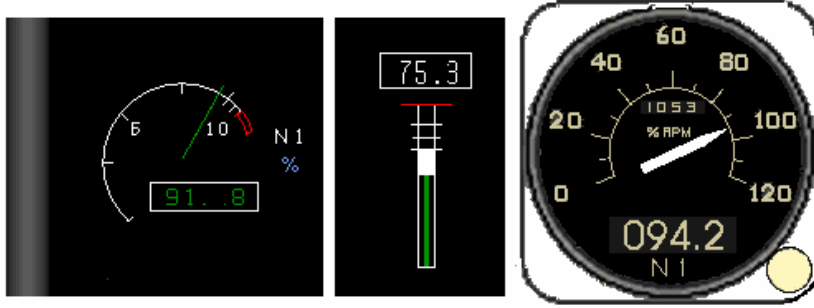


Şekil 2.6: Tachometer generator tip sensör ile hız ölçümü

Rotor hızlarının kokpit göstergeleri üç farklı tipte olabilir. Bunlar:

- Display unit üzerinde saat tipi skala
- Display unit üzerinde hareket eden bar
- Klasik elektromanyetik gösterge

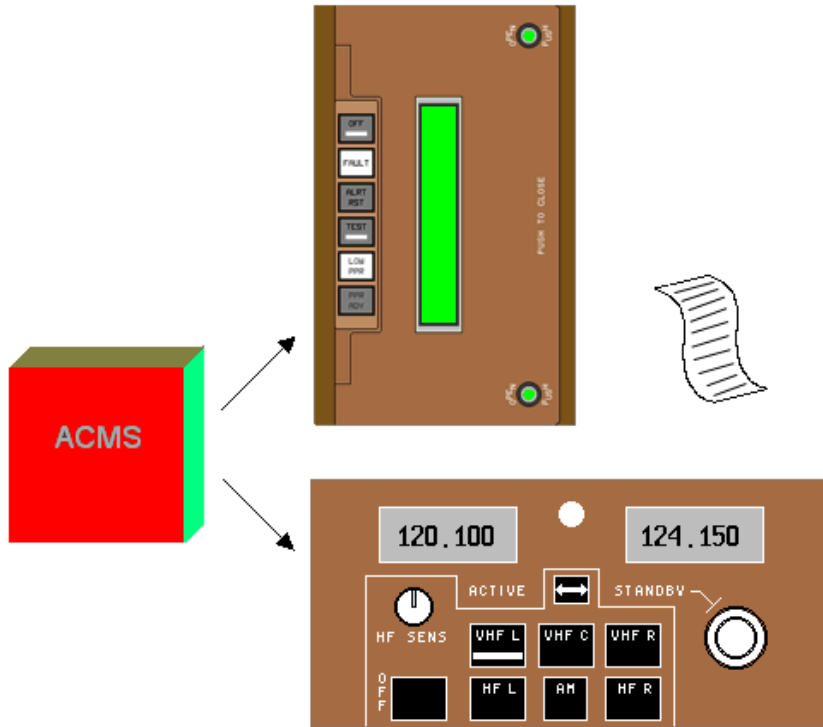
Her üç göstergede de “actual N1” değeri, analog / dijital olarak görünür:



Resim 2.4: Kokpit hız göstergeleri

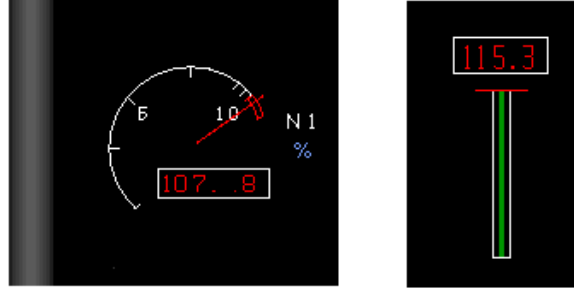
Gösterge üzerinde hız limit değerleri (red line) mutlaka vardır. Çalışma sırasında bu değer aşıldığında pilotun bu tehlikeli durumu hemen fark etmesini sağlayacak uyarılar devreye girer. Bu durumda motorda hasar olma olasılığı çok fazladır.

Örneğin, analog bir göstergede limit aşımı söz konusu olduğunda genellikle kırmızı bir ibre, devir normale dönse bile geldiği maksimum değerde kalır. İndikatörün reset edilmesine ancak gerekli bakım işlemini bulmasından sonra izin verilebilir. Reset etme, gösterge üzerindeki “reset” butonuna basarak veya motorun ilk startında otomatik olarak gerçekleşir.



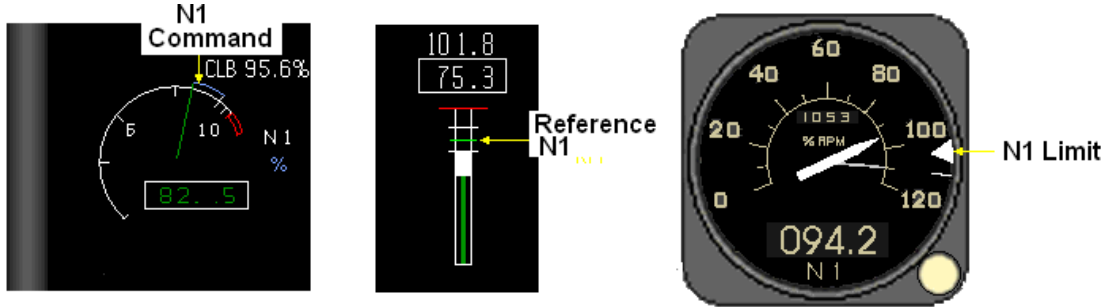
Şekil 2.7: Motor tork göstergesi

Resim 2.5'te hız göstergelerinin sınırı aşarak tehlikeli sınır olan "red line" bölgesine kadar ulaştıkları görülmektedir.



Resim 2.5: Kokpit hız göstergelerinin "red line" bölgesine gelişi

N1 göstergesi kullanılarak motor takatının set edildiği durumlarda gerekli thrust'a karşılık gelen bir N1 değeri olacaktır. Pilot için önemli olan bu gösterge, "N1 limit" veya "N1 command" olarak tanımlanır ve göstergede daima yer alır. Bu değer, belli bir uçuş fazı için [Take off (kalkış) veya Climb (tırmanış) gibi] gerekli N1'i gösterir. Genellikle, flight management system (uçuş yönetimi sistemi) veya autothrottle system (otomatik gaz sistemi) tarafından hesaplanan bu değeri, manuel olarak gösterge üzerinden set etmek mümkündür.



Resim 2.6: Göstergede N1 değerleri

2.2. Pervane Hızı

Pervaneli uçaklarda pervanenin dönüş hızını direkt olarak gösteren bir gösterge yoktur. Pervanenin dönüş hızı motor devri ile doğrudan ilgilidir. Uçağın motorunun tipine göre motor ile pervane arasında sabit bir devir oranı vardır.

Pervanenin taşıyacağı yük için pervane çapı, açısı ve pervanenin dönüş hızı direkt etkilidir. Pistonlu motorlarda motor devri düşük olduğu için motorun dönüş hızı 1/1 oranında direkt pervaneye aktarılır. Türbinli motorlarda ise motor devri çok yüksek olduğu için devir uçağın büyüklüğüne göre belirli bir oranda düşürülerek pervaneye aktarılır.

Aşağıda bazı pervaneli uçaklara ait bu devir oranları verilmiştir.

- Casa : 1/16
- C160 : 1/16
- C 130: 1/13,5

- SF : 1/1
- T41 : 1/1

2.3. Motor Torku

Genelde her motor için gösterge panelinde motor tork göstergeleri bulunur. Her tork göstergesi pervanenin burkulma gücü için gerekli olan yağ basıncını elektriksel sinyallere çeviren bir tork transmitteri ile elektriksel olarak bağlıdır.



Resim 2.7: Klasik elektromekanik tip motor tork göstergesi

Tork göstergelerinin 0 PSI'dan 1000 PSI'a kadar bir gösterge sahası mevcuttur. Şekildeki tork göstergesinde küçük ibre 100 PSI'ları, büyük ibre ise 10 PSI'ları gösterir. Ayrıca tork transmitteri bünyesinde 75 PSI'a duyarlı siviç vardır, bu siviçin görevi W/M sistemini devreye sokma şartlarından biridir.

2.4. Motor Vibrasyon Göstergesi

En önemli sekonder motor göstergelerinden biridir. Motor vibrasyonu rotorun balanssızlığının göstergesidir. Bu da, rotor parçalarında (blade, yatak vb.) bir hasar olabileceğinin ilk işaretidir.

2.4.1. Vibrasyon İzleme Sisteminin Ana Elemanları

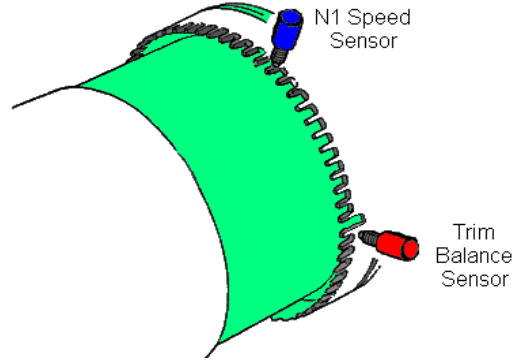
- Kokpit göstergesi, vibrasyon seviyesini “unit” (birim) olarak verir (Genellikle 0-6 değerleri arasındadır.).

Vibration Sensor



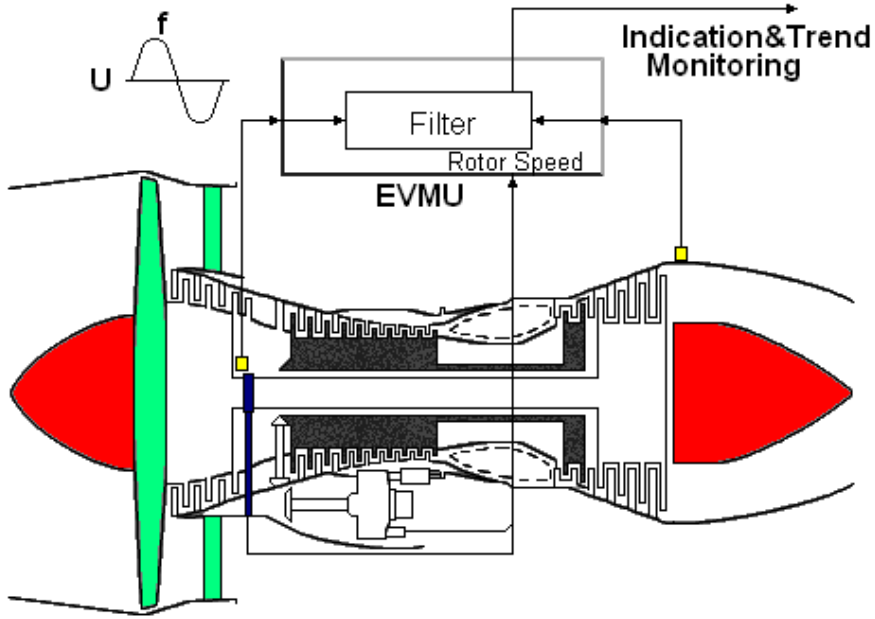
Resim 2.8: Vibrasyon (titreşim) sensörünün bağlantı yeri

Motor üzerinde bir veya iki adet vibrasyon sensörü vardır. Bunlar, elektrik sinyallerini computer'e gönderir.



Şekil 2.8: Hız sensörü ve balans sensörü

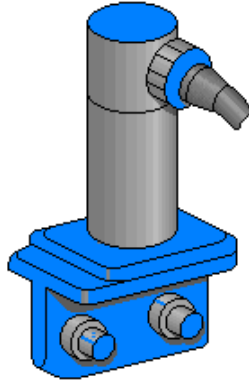
- Modern motorlarda EVMU (Engine Vibration Monitoring Unit; motor vibrasyon izleme birimi) olarak geçen computer, vibrasyon verilerini toplar ve filtre eder, daha sonra göstergelere ve “motor trendi izleme” sistemine gönderir. Şekil 2.9’da bu sistem görülmektedir.



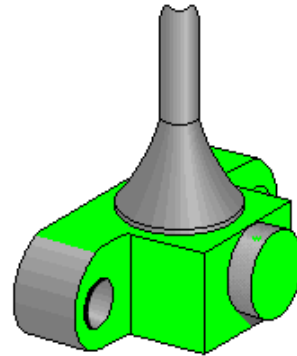
Şekil 2.9: EVMU (Engine Vibration Monitoring Unit)

Motor vibrasyon sensörleri olarak “accelerometer” kullanılır. Motor radyal (dairesel) akselerasyonunu ölçer. Genellikle bir motorda iki tane bulunur. Bir tanesi kompresör bölgesindedir (Çoğu zaman N1 şaftı yakınındadır.). Bir tanesi türbin bölgesindedir (Çoğu zaman turbine frame üzerindedir.).

- Çalışma prensipleri farklı iki accelerometer kullanılır. Bunlar;
 - Electromagnetic accelerometer,
 - Piezoelectric crystal sensördür.



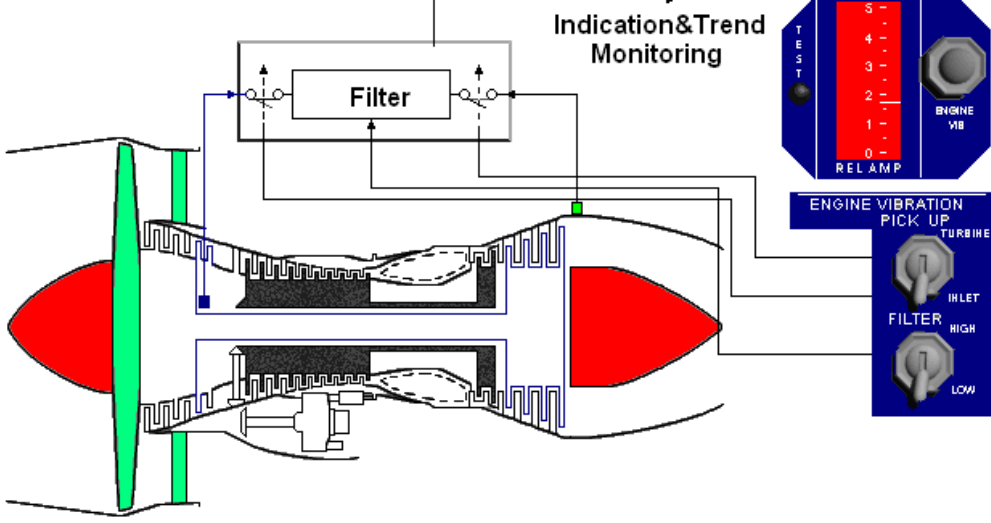
Electromagnetic Accelerometer



Piezoelectric-crystal Accelerometer

Şekil 2.10: Electromagnetic accelerometer ve piezoelectric crystal sensör

Vibrasyon sensörü, monitoring unit'e, akselerasyon seviyesi ile orantılı voltaj sinyali ve vibrasyon frekansına eş değer frekans sinyali gönderir. Monitoring unit'te filtre ve analiz edilen sinyal göstergeye gider. Şekil 2.11'de bu çalışma görülmektedir.



Şekil 2.11: Vibrasyon sisteminin çalışması

UYGULAMA FAALİYETİ

Motor hızını (RPM), torkunu ve vibrasyonunu ölçen sistemlerin kontrollerini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Motor hızını (RPM) ölçen sistemin kontrolünü yapınız.➤ Pervane hızı aktarım düzeneğinin kontrollerini yapınız.➤ Motor torkunu ölçen sistemin kontrollerini yapınız.➤ Motor vibrasyonunu ölçen sistemin kontrollerini yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Motorlarda her rotor sisteminin (LP ve HP) gösterge sistemini ayrı ayrı kontrol ediniz.➤ Sistemde kullanılan sensörlerin tipini öğrenerek kontrollerini yapınız.➤ N1 şaftında kullanılan variable reluctance tip sensörü ve bağlantılarını kontrol ediniz. Arızalı ise yenisi ile değiştiriniz.➤ N2 rotor devir hızının ölçülmesinde kullanılan tachometer generator tip sensörü ve bağlantılarını kontrol ediniz. Arızalı ise yenisi ile değiştiriniz.➤ Sistemde kullanılan gösterge elektromekanik tip gösterge ise yenisi ile değiştiriniz.➤ Pervane hızını gösterir bir gösterge yoktur. (bk. konu 2.2).➤ Uçağın pervanesine hareket veren sistemin devir oranını kataloğundan öğreniniz.➤ Sistemde mekanik bir arıza varsa arızanın türüne göre gerekli onarımı bakım onarım kitabına göre gerçekleştiriniz.➤ Sistemde yağlanması gereken yerlerin yağını kontrol ederek yağlayınız.➤ Sistemde kullanılan tork transmitteri (verici) ve bağlantılarını kontrol ediniz.➤ Arızalı transmitteri yenisi ile değiştiriniz.➤ Sistemde kullanılan gösterge elektromekanik tip gösterge ise yenisi ile değiştiriniz.➤ Motor üzerinde vibrasyonu algılamak için kullanılan sensör veya sensörler ile bağlantılarını kontrol ediniz.➤ EVMU (engine vibration monitoring unit) olarak geçen computer ile gösterge ve sensörlerin bağlantı yerlerini kontrol ediniz.➤ Sistemde kullanılan gösterge elektromekanik tip gösterge ise yenisi ile değiştiriniz.

KONTROL LİSTESİ

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

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Motorlarda her rotor sisteminin HP ve LP olmak üzere kendi hız göstergesi vardır.		
2. Üç rotorlu motorlarda (N3) göstergesi vardır.		
3. Hız ölçmede iki tip sensör kullanılır. Bunlar, variable reluctance tip sensör ve tachometer generator tip sensördür.		
4. Variable reluctance tip sensör genellikle N2 rotor devir hızının ölçülmesinde kullanılır.		
5. Variable reluctance tip sensörde oluşan manyetik alan değişimleri elektrik sinyallerine dönüştürülerek hız ölçümü yapılır.		
6. Tachometer generator tip sensör N1 rotor devir hızının ölçülmesinde kullanılır. Genellikle dişli kutusu üzerinde bulunur.		
7. Hız göstergelerine zaman zaman reset yapmak gerekir. Bu reset işlemini uçak pilotu dilediği zaman gerçekleştirebilir.		
8. Her tork göstergesi pervanenin burkulma gücü için gerekli olan yağ basıncını elektriksel sinyallere çeviren bir tork transmitteri ile elektriksel olarak bağlıdır.		
9. Motor vibrasyonu rotorun balanssızlığının göstergesidir. Bu da rotor parçalarında (blade, yatak vb.) bir hasar olabileceğinin ilk işaretidir.		
10. Motor vibrasyon sensörleri olarak “accelerometer ” kullanılır.		
11. Motor vibrasyonu ölçümünde çalışma prensipleri farklı iki accelerometer kullanılır. Bunlar electromagnetic accelerometer ve piezoelectric crystal accelerometer sensördür.		

DEĞERLENDİRME

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

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi hız gösterge sisteminde bulunmayan bir bölümdür?
A) Sensör
B) Veri iletimi
C) Göstergesi
D) Pnomatik boru sistemi
2. Aşağıdakilerden hangisi hız göstergelerinde kullanılan bir gösterge türü değildir?
A) Display unit üzerinde saat tipi skala
B) Display unit üzerinde hidrolik gösterge
C) Display unit üzerinde hareket eden bar
D) Klasik elektromanyetik gösterge
3. N1 göstergesi kullanılarak motor takatının set edildiği durumlarda ekli thrust'a karşılık gelen bir N1 değeri olacaktır. Pilot için önemli olan bu gösterge, sürekli göstergede yer alır. Bu gösterge aşağıdakilerden hangisi olabilir?
A) N1 limit veya N1 command
B) Take off veya climb
C) Flight management system
D) Autothrottle system
4. Aşağıdakilerden hangisi vibrasyon izleme sisteminin ana elemanlarından değildir?
A) Kokpit göstergesi
B) Tork transmitteri
C) Vibrasyon sensörü
D) Computer

DEĞERLENDİRME

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

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi motor ve sistemlerin izlenmesini sağlayan bir gösterge değildir?
A) Performans göstergeleri (Primer göstergeler)
B) Sistem göstergeleri (Sekonder göstergeler)
C) Trend izlemesinde gereken göstergeler
D) İniş takım ikaz sistemleri
2. EGT ölçümü sensörlerle genelde nereden yapılır?
A) HP türbin-LP türbin arasında veya LP türbin çıkışında
B) HP türbinden önce
C) Türbin girişinde
D) Hepsi
3. Aşağıdakilerden hangisi genelde kokpitte kullanılan bir gösterge değildir?
A) Display unit üzerinde saat tipi skala
B) Display unit üzerinde hareket eden bar
C) Hidrolik tip gösterge
D) Klasik elektromekanik gösterge
4. Aşağıdakilerden hangisi yağ sistemi göstergelerinden biri değildir?
A) Yağ miktarı (Oil quantity)
B) Yağ basıncı (Oil pressure)
C) Yağ sıcaklığı (Oil temperature)
D) Yağ akış hızı (Oil flow speed)
5. Aşağıdakilerden hangisi EPR gösterge sistemi ana parçalarından biri değildir?
A) Borularla computer'e bağlı iki adet basınç sensörü (pick-up)
B) Thermocouple sensör
C) Computer (Ayrı bir transmitter veya FADEC'nin bir parçası olabilir.)
D) Kokpit göstergesi
6. Manifold basınç göstergesi hangi amaçla kullanılır?
A) Emme manifoldundaki benzin hava karışımının hızını ölçmek
B) Emme manifoldundaki benzin hava karışımının miktarını ölçmek
C) Emme manifoldundaki benzin hava karışımının basıncını ölçmek
D) Emme manifoldundaki benzin hava karışımının ısısını ölçmek
7. Aşağıdakilerden hangisi hız gösterge sisteminde bulunmayan bir bölümdür?
A) Sensör
B) Veri iletimi
C) Göstergesi
D) Pnomatik boru sistemi

8. Aşağıdakilerden hangisi hız göstergelerinde kullanılan bir gösterge türü değildir?
- A) Display unit üzerinde saat tipi skala
 - B) Display unit üzerinde hidrolik gösterge
 - C) Display unit üzerinde hareket eden bar
 - D) Klasik elektromanyetik gösterge
9. N1 göstergesi kullanılarak motor takatının set edildiği durumlarda ekli thrust'a karşılık gelen bir N1 değeri olacaktır. Pilot için önemli olan bu gösterge, sürekli göstergede yer alır. Bu gösterge aşağıdakilerden hangisi olabilir?
- A) N1 limit veya N1 command
 - B) Take off veya climb
 - C) Flight management system
 - D) Autothrottle system
10. Aşağıdakilerden hangisi vibrasyon izleme sisteminin ana elemanlarından değildir?
- A) Kokpit göstergesi
 - B) Tork transmitteri
 - C) Vibrasyon sensörü
 - D) Computer

DEĞERLENDİRME

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

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1.	D
2.	B
3.	A
4.	B

MODÜL DEĞERLENDİRME'NİN CEVAP ANAHTARI

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

KAYNAKÇA

- **KIRMACI** Tefik, **Uçak Teknik Temel Motor**, Türk Hava Yolları Akademisi Basımevi, İstanbul, 2000.
- **ŞAHİN** Kaya, **Uçaklar ve Helikopterler**, İnkılâp Kitabevi, İstanbul, 1999.